ENDEAVOUR

Revista trimestral destinada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad

VOLUMEN XIV Julio 1955 NUMERO 55

SUMARIO

Editorial: Joseph Black 115

133.5:54=927(091) «04/14»
La alquimia en el Islam medieval — E. J. HOLMYARD — 117

547.979.733:577.1
Las porfirinas — C. RIMINGTON — 126

061.23:58/59:92
George Johnston y la Ray Society — C. M. YONGE — 136

547:546.28/.88
Los compuestos orgánicos de los metales — W. WARDLAW y D. C. BRADLEY — 140

552.1:571(42)
La contribución de la petrología a los estudios arqueológicos en la Gran Bretaña — F. S. WALLIS — 146

550.384.3
La magnetización permanente de las rocas — S. K. RUNCORN — 152

049.3
Revista de libros 159

Libros recibidos 166

Notas sobre los colaboradores 168

Redactor-jefe: TREVOR I. WILLIAMS
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN

Imperial Chemical Industries Limited, Millbank, Londres, S.W.1
Toda comunicación a los editores debe dirigirse a North Block, Thames House, Millbank, Londres, S.W.1

Joseph Black

Para Joseph Black, más importante que publicar libros o trabajos era la comunicación oral de sus conocimientos, lo que explica — cosa quizás no comprendida de muchos — que su merecida fama de químico experimental descanse virtualmente sobre una y única publicación: *Experiments upon Magnesia Alba, Quicklime and some other Alcaline Substances.* Pero esta memoria magistral, en la cual interpreta cuantitativamente la relación entre el anhídrido carbónico (aire fijado) y magnesia, cal y otros álcalis, ha resistido el paso de dos siglos: en efecto, el resultado final de sus experimentos fué dado a conocer en junio de 1755. Con justicia puede decirse que este trabajo marca el comienzo de una nueva era de la química, en la cual la balanza va a ser el árbitro de la experimentación. No es necesario subrayar aquí los resultados inmensamente fructíferos derivados de la introducción de los métodos cuantitativos.

Black, uno de trece hermanos, nació en Burdeos en 1728. Su padre era un comerciante irlandés y su madre, que tomó a su cargo su temprana educación, era escocesa. A la edad de catorce años fué enviado a Glasgow para estudiar medicina en la Universidad. Allí fué discípulo de Cullen, profesor entonces de medicina, y que, de acuerdo con las costumbres del tiempo, pronto empezó a dar clases de química, materia hasta entonces no enseñada en Glasgow. Black tuvo la fortuna de atraerse la atención favorable de Cullen, quien no solamente le nombró asistente en su laboratorio — en sí ya un valioso aprendizaje — sino que lo trató como si fuera de su propia familia.

La química sólo se consideraba entonces como un útil apéndice de la farmacia y todavía no había sabido desprenderse de su ropaje medieval. Las enseñanzas de Boyle habían caído en oídos sordos durante dos generaciones y todavía eran generalmente aceptados los cuatro elementos aristotélicos. Sin embargo, habían surgido algunas nociones unificadoras. La teoría del flogisto, que el mismo Black no abandonó hasta 1791, merece hoy más respeto que el que a veces se le ha concedido; aunque después se demostró ser fundamentalmente errónea, tuvo utilidad durante largo tiempo como estimulante hipótesis de trabajo e hizo posible cierta clasificación provechosa de los conocimientos químicos entonces existentes. Al mismo tiempo, comenzaron a formularse los conceptos de ácidos, bases y sales. La conversión de la piedra caliza en cal viva por fuerte calentamiento era ya bien conocida; se suponía que en este proceso alguna virtud innata del fuego pasaba a la cal, y el hecho de que los álcalis débiles pudieran transformarse en cáusticos por tratamiento con cal viva, fué atribuído también a la transferencia del mismo fogoso o cáustico elemento. La verdadera relación entre las diferentes sustancias alcalinas, que tan brillantemente elucidó Black, era, sin embargo, todavía desconocida. En un principio, el interés de Black por esta rama de la química fué médico. El cálculo renal era una enfermedad bien conocida, pero de imposible tratamiento en el estado en que entonces se encontraba la cirugía; intentándose disolver y dispersar los cálculos por tratamiento con álcalis cáusticos. Los nocivos efectos resultantes de tal tratamiento no necesitan ser descritos a la luz de los conocimientos actuales, y no es por tanto sorprendente que Cullen dirigiese su atención hacia la posible utilización de álcalis débiles; en consecuencia, Black comenzó el estudio de las propiedades de la magnesia alba (carbonato de magnesio). Esta sustancia había sido estudiada anteriormente por Friedrich Hoffmann, quien consiguió diferenciar los óxidos de calcio y de magnesio. Black señaló que los carbonatos de estos dos metales diferían en que, por tratamiento con ácido sulfúrico, uno daba producto insoluble mientras el otro proporcionaba una sustancia soluble que demostró ser idéntica a la sal de Epsom.

Los experimentos de Black con la magnesia empezaron en 1752, año en que trasladó su lugar de estudio a Edimburgo. Dos años más tarde presentó su tesis para el grado de Doctor en Medicina, titulada *De humore acido a cibis orto et magnesia alba* (Sobre el humor ácido procedente de los alimentos y sobre la magnesia alba). La tesis es un compendio de 32 experimentos con un prefacio sobre la naturaleza del proceso digestivo. Sin embargo, según él mismo admitió, este prefacio fué añadido para dar a la tesis el requerido carácter médico. Cuando al año siguiente leyó en Edimburgo una versión revisada de la tesis omitió el estudio de la digestión y en cambio añadió una extensa segunda parte sobre la constitución de la caliza y la cal.

Las diferencias entre las versiones de 1754 y 1755 son notables; ambas revelan los hechos esenciales, pero al compararlas se nos aparece la personalidad de su autor. El estudio de la

evolución de una obra de arte a través de sucesivos bosquejos puede darnos una clara visión del funcionamiento de la mente creadora; pero la historia de la ciencia hasta ahora apenas ha sido enfocada desde este punto de vista. Sin embargo, las publicaciones de Black sugieren que tal tipo de estudio puede ser muy fructífero. En 1754, Black expresó prudentemente y con reservas sus ideas sobre el aire fijado, haciendo sugerencias provisionales y describiendo resultados aislados: evidentemente no se decide a pronunciarse de una manera clara y definitiva. Pero en el año 1755 todas sus dudas están resueltas y, con brillante lógica, expresa sus ideas en forma definitiva e incontrovertible. Actualmente esta publicación se considera clásica y los descubrimientos en ella descritos, parte esencial de la química.

El experimento más importante fué aquél en el que se calcinaba un peso conocido de magnesia alba y se disolvía en un ácido el producto resultante, recuperándose el peso original del material empleado por adición de álcalis débiles (carbonato de sodio o de potasio). Black concluía que la pérdida de peso por calcinación era debida a la pérdida de un «aire» normalmente «fijado» en la magnesia alba y por consiguiente «fijado» también en el álcali débil. Experimentos semejantes, descritos en la publicación de 1755, fueron por él interpretados como la demostración de que la cal se formaba de la caliza por la liberación del «aire fijado» y que la transformación de los álcalis débiles en cáusticos se debía a la transferencia de «aire fijado» — y no a la de alguna virtud imponderable de fogosidad o causticidad — de sustancia a sustancia.

El trabajo de Black tuvo muchas consecuencias, pero la más importante fué demostrar la necesidad de construir toda la química sobre bases cuantitativas: necesidad que hacía de la balanza un instrumento indispensable en el laboratorio. Además, pesando combinaciones de gases, Black introdujo también esas sutiles sustancias en la esfera de las investigaciones cuantitativas, dando así los primeros pasos que originaron los gigantescos avances de Priestley, Cavendish y Lavoisier.

Pero eso no era todo, como Lavoisier percibió claramente. Los pesos de los cuerpos que entran en reacción y de sus productos no tienen mayor significado que cualquier otra propiedad física a menos que entrañen una unidad subyacente. Solamente si la materia se conserva puede ser importante la utilización de la balanza, y por ello lo que tiene tanta significación en los experimentos de Black es la cualidad cíclica de los mismos. Cuando Lavoisier llegó a definir el papel del oxígeno en la combustión, sus investigaciones sobre el mercurio tuvieron el mismo carácter cíclico que las de Black.

Como hemos dicho, la reputación de Black como químico descansa sobre un solo trabajo. Sin embargo, realizó, mientras era todavía joven, otra notable contribución a la ciencia, pero esta vez en el campo de la física. La naturaleza del calor no era aún comprendida; todavía había de transcurrir cerca de un siglo antes de que fuese abandonada la noción de calor como un flúido intangible o calórico, pero las ideas de Black se adelantaron a su tiempo. Fué el primero en comprender la naturaleza del calor latente, lo que le llevó a la creación de nuevos y valiosos métodos calorimétricos. Buena prueba de su clara visión de las posibles aplicaciones prácticas de estas investigaciones es el hecho de prestar a James Watt 1500 libras para ayudarle en el desarrollo de la máquina de vapor.

El trabajo experimental de Black inició una nueva era y le da derecho a ser considerado uno de los fundadores de la química moderna, pero ni en la química ni en la ciencia en su conjunto son los grandes descubrimientos los únicos medios de progreso. No es menos importante la enseñanza de la ciencia, esto es: la transmisión de nuevos conocimientos, y su simplificada comprensión gracias a la formulación de teorías unificadoras y la eliminación de errores e innecesarios detalles. En esta esfera solamente, Black hubiera alcanzado notable reputación, pues evidentemente pertenecía a la gran clase de profesores, como Lémery y Rouelle. Sus claras explicaciones y su certero talento como guía hicieron que a él se deba una completa generación de químicos: entre ellos Thomas Beddoes, «descubridor» de Humphry Davy. Siempre dispuesto a reconocer los descubrimientos de los demás, fué uno de los primeros en enseñar las nuevas doctrinas de Lavoisier, siendo totalmente incierto que Black permaneciese fiel más tiempo del necesario a la teoría del flogisto a causa de su antipatía personal por Lavoisier.

En una disertación pronunciada en 1787, John Carmichael resumió las cualidades de Black y Lavoisier, definiendo el primero como *clarissimus* y el último como *hodie primarius scientissimus*, valoración relativa con la que estarán de acuerdo casi todos los historiadores.

La alquimia en el Islam medieval

E. J. HOLMYARD

El origen de la Alquimia se remonta probablemente al antiguo Imperio Persa; pero la teoría y la práctica de la alquimia alcanzaron la Europa occidental a través del Islam. Este artículo se ocupa principalmente de las contribuciones de Jābir o Géber, Razi y Avicena.

No es posible hacer todavía un estudio definitivo de la alquimia en el Islam medieval, puesto que hay miles de manuscritos árabes sobre la materia pendientes de examen en las grandes bibliotecas de Europa, Egipto, Turquía e India. Hasta que esos manuscritos hayan sido estudiados no podrá establecerse el balance final; desgraciadamente, hay muy pocos investigadores trabajando en la materia para llevarlo a cabo en un período corto. A pesar de los precursores esfuerzos de Berthelot, al final del siglo pasado, muy poco se ha sabido con certeza hasta estas últimas décadas acerca de la contribución musulmana a la teoría y práctica de la alquimia, aunque la tradición atribuyó a los árabes un gran dominio de las artes ocultas, creencia posteriormente reforzada por *Las Mil y una Noches*. Actualmente, debido sobre todo a las investigaciones de H. E. Stapleton, Julius Ruska, M. Plessner y Paul Kraus, podemos hacernos una idea de la alquimia musulmana que parece correcta en sus rasgos generales, aunque todavía muy incompleta en sus detalles.

La era musulmana, o Hégira, empieza en 622 d.J.C., año de la huída (*hijra*) del Profeta de la Meca. Ciento diez años más tarde, los ejércitos musulmanes fueron derrotados en Poitiers por Carlos Martel. Mientras tanto, el Islam se había convertido en un vasto imperio, que abarcaba desde el Indo a los Pirineos, y muchas y muy diversas razas habían quedado incorporadas a su civilización. Algunos de estos pueblos continuaron hablando su propio idioma, pero el árabe fué la lengua religiosa, oficial y literaria del imperio. De aquí que muchas obras musulmanas sobre alquimia son árabes únicamente desde el punto de vista lingüístico, siendo persas o de otras nacionalidades sus autores. La contribución de los árabes a la cultura no fué mayor que la de sus súbditos musulmanes, cristianos o judíos.

ORIGENES Y TRANSMISION DE LA ALQUIMIA

Cuando surgió el Islam, la alquimia era ya un arte de venerable edad. Por un lado abarcaba ramas especializadas de la metalurgia, tintorería y artes similares, y en muchos puntos lindaba con la medicina. Por otra parte, era un culto semimístico, un tanto ecléctico, que tomaba sus principios de todos los campos. El propósito primordial del alquimista era el descubrimiento de la piedra filosofal, que convierte los metales no nobles en oro, y además preparar un elixir que prolongase indefinidamente la vida humana.

El origen de la teoría alquímica no está todavía claro; probablemente tales especulaciones surgieron independientemente en más de una civilización primitiva. En Occidente debe mucho a las doctrinas de Aristóteles sobre la naturaleza de la materia y a la teoría pitagórica de los números [1], aunque existen fuertes pruebas de que las ideas fundamentales surgieron en el antiguo imperio persa, que comprendía Mesopotamia, Asia Menor, Siria y Egipto. Forbes [2] sugiere que fueron tres las corrientes intelectuales que contribuyeron al nacimiento de la alquimia:

a) La filosofía y tecnología de las antiguas civilizaciones del Asia Menor;

b) Las doctrinas filosóficas persas e indias;

c) La filosofía y ciencia de los griegos.

Los tratados más antiguos de alquimia aparecen en el Egipto helenístico. Quizá el más antiguo de todos es el *Physika kai Mystika* (Física y Mística), de un autor que se da el nombre de Demócrito; probablemente vivió en el siglo II de nuestra era y no debe confundirse con el famoso Demócrito de Abdera (m. en 376 a.J.C.). Una extensa colección de escritos sobre alquimia se debe a Zósimo de Panópolis (*circa* 300 d.J.C.), quien compuso también obras originales sobre la materia, y, finalmente, muchos comentarios sobre autores anteriores fueron recopilados por sucesivos helenoegipcios como Olimpiodoro (*circa* 500 d.J.C.?). Más al norte, la alquimia era practicada por los sabeos de Harrán (*Carrhae*) en Siria. Harrán, destruída hace mucho tiempo, era una ciudad cosmopolita en la que, durante el período aqueménido (*circa* 650–530 a.J.C.), empezó a tomar

forma una notable mezcla de filosofías naturales persa, siria y griega. Este sistema sincrético fué característico de Harrán durante varios siglos, y la reputación de esta ciudad por la universalidad de su cultura era todavía muy elevada en los primeros tiempos del Islam. Se sabe también que hubo en Harrán muchos y hábiles artífices de metales y un extenso comercio de metales preciosos, azufre, sulfuro de arsénico, bórax y otras sustancias utilizadas comúnmente en alquimia.

Los conquistadores musulmanes pronto revelaron su entusiasmo por la cultura, y, habiendo ocupado no sólo Alejandría y Harrán sino también todos los demás centros culturales importantes de Grecia, pudieron satisfacerlo plenamente. Bajo califas como Harúm al-Raschid (764?–809) y Almamún (786–833) se crearon gran número de academias y observatorios, y las principales obras griegas de filosofía, astronomía, matemáticas, medicina y otras ciencias fueron traducidas al árabe, principalmente por los cristianos nestorianos, de lengua siria. A partir del siglo VIII el Islam ya tuvo investigadores propios.

Según Al-Nadím, biógrafo del siglo X, el primer musulmán que manifestó interés por la alquimia fué Khálid ibn Yazid (m. 704), príncipe de la casa real, pero que no llegó a ser nunca califa. Stapleton [3] vierte el pasaje pertinente como sigue:

> Como investigador que era, (Khálid) mostró gran interés en las ciencias. Le atraía especialmente el arte (de la *Kimia*) y ordenó que le fuesen presentados algunos filósofos griegos que vivían en la ciudad de Misr (El Cairo) y que tenían bastante buen conocimiento del árabe, dándoles instrucciones para traducir al árabe los libros griegos y coptos sobre este arte. Esta fué la primera traducción, de una lengua a otra hecha en el mundo islámico.

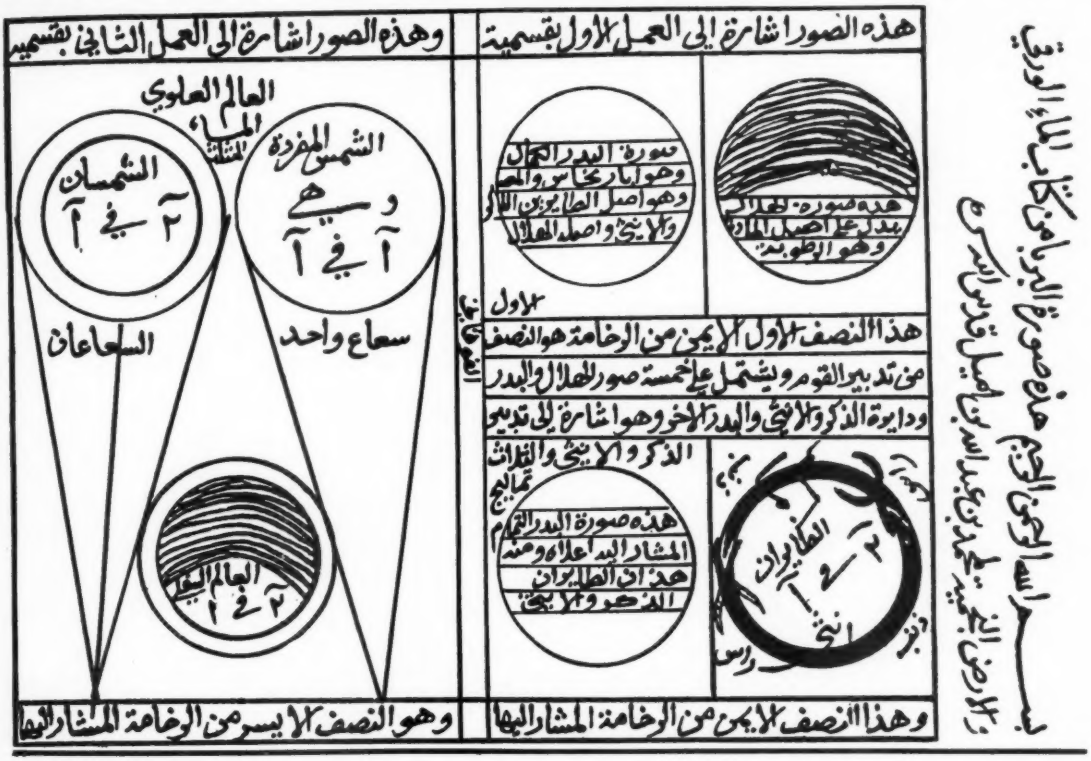
Se conservan todavía algunas obras árabes sobre alquimia atribuídas a Khálid, pero aun no han sido estudiadas atentamente; la mayoría de ellas, como las de muchos alquimistas posteriores, están escritas en verso.

JABIR IBN HAYYAN

El nombre más ilustre en alquimia, sea musulmán o cristiano, es el de Jábir o Géber: los alquimistas mismos fueron descritos por uno de ellos, Thomas Norton, de Bristol (siglo XV), como los «cocineros de Géber». La vida y obras de este maestro del arte han constituído un problema histórico muy complicado que, sin embargo, gracias a las investigaciones llevadas a cabo en los últimos quince años quizás tenga próxima solución. No hay ninguna razón para dudar de que en la corte de Harúm al-Raschid hubo un alquimista llamado Jábir ibn Hayyán al-Sufí, hijo de un droguero de Kufa. De joven gozó de la protección del sexto Imán chiíta, Jafar al-Sádiq, y más tarde de la de los Barmecidas, poderosos ministros del Califa. Nació probablemente en 721 o 722, pero la fecha de su muerte es desconocida; se dice que sobrevivió el destierro de los Barmecidas en 803. Los cronistas musulmanes le describen como hombre de cultura y erudición y dicen que desarrolló una gran actividad para asegurar la importación desde Bizancio de más obras griegas sobre ciencia y filosofía.

Empiezan a surgir dificultades cuando se repara en los numerosísimos tratados de alquimia que circulan bajo su nombre. Son tantos que parecía a duras penas posible que un solo hombre los hubiera escrito todos, surgiendo sospechas de que algunos, al menos, le fueron atribuídos por escritores posteriores. Las brillantes investigaciones de Kraus [4] han mostrado que esas sospechas estaban bien fundadas. El examen crítico del *Corpus Arábigo Jabiriano* probó, sin lugar a dudas, que una buena parte de él fué recopilada, si no escrita originalmente, en los comienzos del siglo X por miembros de la secta ismailita. Qué parte, de la teoría y práctica de la alquimia descrita en él, corresponde al siglo VIII y qué parte al X es cuestión no decidida aún. Aquí, para simplificar, haremos simplemente referencia a «Jábir».

Jábir mantuvo acerca de la constitución de la materia la concepción aristotélica de los cuatro elementos: fuego, aire, agua y tierra, pero la desarrolló en diferentes direcciones. Postuló primero la existencia de cuatro cualidades elementales o «naturalezas», a saber: calor, frío, sequedad y humedad. Cuando estas «naturalezas» se unen a una sustancia forman los compuestos de primer grado: caliente, frío, seco y húmedo. La unión de dos de éstos da lugar al fuego (caliente + seco + sustancia); aire (caliente + húmedo + sustancia); agua (frío + húmedo + sustancia), y tierra (frío + seco + sustancia). En los metales, dos de las «naturalezas» son internas y dos externas, punto al que se hará referencia más tarde (pág. 122). Así, en su *Libro de setenta* Jábir dice que el plomo es frío y seco externamente y caliente y húmedo internamente, lo mismo sucede con la plata (pág. 122); el oro, al contrario, es caliente y húmedo externamente y frío y seco internamente.



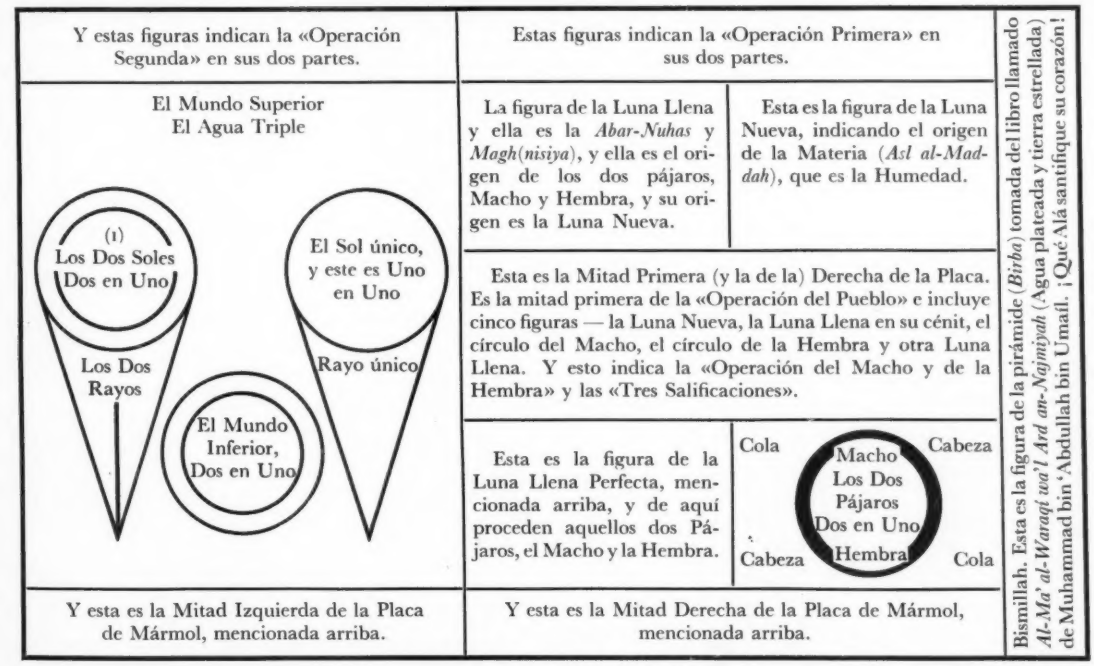
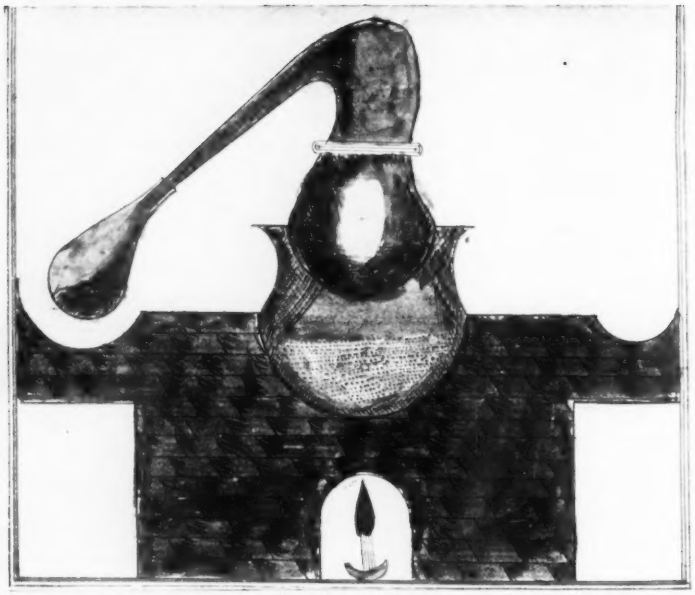
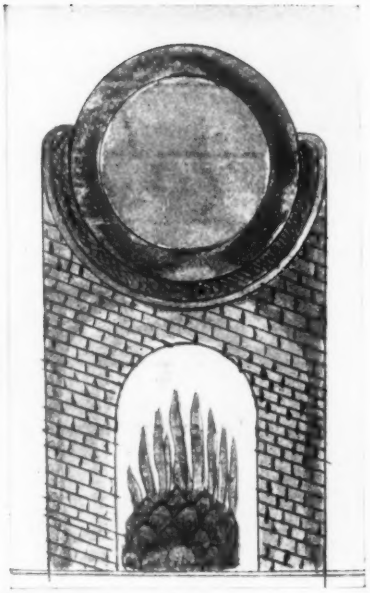


FIGURA 1 – *Facsímil de una página de un manuscrito indio del* Ma' Al-Waraqí, *con representaciones simbólicas. Traducción de los textos* infra. (Mem. Asiat. Soc. Beng., **12**, No. 1, *Lámina* 1, 1933.) *(Por cortesía del Dr. H. E. Stapleton.)*





FIGURAS 2 y 3 – *Alambiques; de un manuscrito árabe de alquimia.* (British Museum Add. 25724.)

FIGURA 4 – *De un manuscrito árabe de alquimia. La inscripción reza: Sabe que el compuesto a que se hace referencia tiene pesos específicos que deben estar en equilibrio, de forma que el calor no sobrepase al frío ni la sequedad a la humedad. Porque lo que se halle en equilibrio poseerá naturalezas permanentes y nunca sufrirá cambio; mientras las naturalezas que no estén en equilibrio padecerán alteración. (A la izquierda el Sol; a la derecha la Luna. Las figuras intermedias representan posiblemente hierro, cobre, plomo, estaño, mercurio y khar sini.)* (British Museum Add. 25724.)

Creía que, bajo la influencia de los planetas, los metales se formaban en la tierra mediante la unión de azufre (que suministraba las «naturalezas» caliente y seca) y mercurio (que suministraba las «naturalezas» fría y húmeda). Esta teoría, que parece haber sido desconocida por los antiguos, pudo ser original suya, aunque es posible que Jábir la tomase de Balanius (Apolonio de Tiana). La razón que justifica la existencia de diferentes clases de metales es que el azufre y el mercurio no son siempre puros y que no se combinan siempre en la misma proporción. Si son absolutamente puros y se combinan en la proporción natural más armoniosa, entonces el producto es el más perfecto de los metales: oro. Los defectos de pureza, y especialmente de proporción, causan la formación de plata, plomo, estaño, hierro o cobre, pero, desde el momento en que estos metales están compuestos esencialmente de los mismos elementos que el oro, los accidentes de su combinación pueden ser modificados mediante un tratamiento adecuado. Este tratamiento es el objeto propio de la alquimia y ha de ser llevado a cabo por medio de elixires.

Jábir estaba convencido de que tratar de efectuar estas transmutaciones empíricamente era perder el tiempo; creía que el orden reinaba en el mundo material y que los cambios cualitativos de las sustancias podían ser explicados cuantitativamente. Esto le condujo a su característico concepto de «equilibrio», que desarrolló particularmente en sus *Libros del equilibrio* (*Kutub al-Mawazín*). Este equilibrio no significaba igualdad de peso; en efecto, aunque describe una balanza hidrostática, se dió tan poca cuenta como todos los demás alquimistas de la importancia de comparar masas. Su «equilibrio» era un balance de cualidades elementales o «naturalezas», y una buena parte de su trabajo consiste en un intento de establecer las proporciones de equilibrio en el oro — el metal perfecto — de forma que fuese posible lograr el mismo balance en los metales imperfectos, efectuándose así su transmutación.

Sería una pérdida de tiempo seguir con detalle el desarrollo de su método, sino es para hacer una historia de las ideas, pero es de interés examinar una de sus formas de enfoque. Kraus [5] y Stapleton [6] lo han hecho así, y el resumen que sigue está basado principalmente en sus trabajos. A lo largo de las obras de Jábir encontramos una serie de números a los que atribuye gran importancia: 1, 3, 5, 8 (cuya suma es 17) y 28. Dice que en el universo todo está gobernado por el número 17: los metales, por ejemplo, tienen 17 «potencias». Ahora bien, los números que dan un total de 17, esto es 1, 3, 5 y 8, recuerdan el cuadrado mágico de los nueve primeros dígitos

4	9	2
3	5	7
8	1	6

Aquí el total es 45, pero analizando el cuadrado de un modo gnomónico, como indica el trazo grueso en la figura, aparecen 1, 3, 5, y 8 en el cuadrado pequeño, mientras que el total en el gnomón es 28. Este cuadrado mágico, que fué conocido por los neoplatónicos del siglo III, pero que es sin duda mucho más antiguo, es pues claramente el origen de los números significativos de Jábir, quien no parece mencionarlo explícitamente, pero tuvo que conocerlo bien, no sólo por su familiaridad con los escritos neoplatónicos sino también porque tuvo cierta importancia en la sociedad mística Sufí, a la que pertenecía.

Uno de los usos que Jábir hizo de estos números fué la aplicación de la numerología alfabética a la aclaración de la constitución de los metales. Suponía que cada una de las 4 cualidades elementales o «naturalezas» tenía 4 grados y 7 subdivisiones, dando un total de 112 «posiciones». Se asignaban las letras del alfabeto árabe, 28 en total, a las subdivisiones de calor, frío, sequedad y humedad y se extendía este esquema a los valores de los cuatro grados mediante la serie 1, 3, 5 y 8. Los grados y subdivisiones eran igualados a pesos en el sistema arábigo, 2 qirats = 1 dánaq, 6 dánaqs = 1 dirham, estableciéndose una tabulación en la que, por ejemplo, la letra b equivalía, en su grado segundo de frigidez, a un peso de $3\frac{1}{2}$ dirhams; en su grado cuarto equivalía a $9\frac{1}{3}$ dirhams. Las letras restantes fueron «calibradas» de un modo semejante.

Para determinar el «equilibrio» del plomo mediante este método se analizaba su nombre aritmético-alfabéticamente, utilizando sólo las consonantes. Plomo es en árabe *usrub*, pero la primera letra, no indicada en la transliteración, es la consonante *alif*. Como *u* es una vocal, las letras significativas son unicamente *alif*, s (*sin*), r (*ra*) y b (*ba*). *Alif*, que es la primera letra del nombre, representa calor en su primer grado, y su equivalente en peso es 7 dánaqs; *sin*, la segunda letra, representa sequedad en su grado segundo y su equivalente es un dirham; *ra* representa humedad en su grado tercero: $1\frac{1}{4}$ dirhams; y *ba* representa

frigidez en su grado cuarto; de donde una masa de plomo de peso $12\frac{3}{4}$ dirhams contiene los pesos arriba mencionados de calor, sequedad, humedad y frío; esta composición es la misma para cualquier muestra de plomo. El simple hecho de que otro nombre del plomo, *rasas*, conduzca a resultados completamente diferentes es suficiente para crear serias dudas acerca de la validez de este método de análisis.

Se ha dicho antes que Jábir distinguía entre las composiciones externa e interna de un metal. Puede encontrarse una razón para esta distinción en las cifras que hemos expuesto. Los metales se componen de calor, frío, sequedad y humedad, pero hay una condición limitadora: las «naturalezas» opuestas están en la proporción de 1 : 3 o 5 : 8, o viceversa. Las cifras para el plomo, sin embargo, no concuerdan con estas proporciones y las dificultades son incluso mayores cuando se analiza plata por el mismo método, pues prueba que consiste de calor y frío en cantidades iguales. Jábir se vió pues forzado a utilizar otra hipótesis más: Que el análisis revela sólo la constitución periférica. El equilibrio debe ser restablecido gracias a la constitución interna. De aquí que la composición total de la plata, externa e interna, ha de ser obtenida mediante cálculo:

Calor:
$1\frac{1}{2}$ dánaq + un complemento de $5\frac{1}{2}$ dánaq
= $1\frac{1}{8}$ dirham

Frío:
$1\frac{1}{2}$ dánaq + un complemento de $3\frac{1}{4}$ dirham
= $3\frac{1}{2}$ dirham $(= 3 \times 1\frac{1}{8})$

Humedad:
0 dánaq + un complemento de $5\frac{1}{8}$ dirham
= $5\frac{1}{8}$ dirham $(= 5 \times 1\frac{1}{8})$

Sequedad:
0 dánaq + un complemento de $9\frac{1}{8}$ dirham
= $9\frac{1}{8}$ dirham $(= 8 \times 1\frac{1}{8})$

$19\frac{1}{8}$ dirham $(= 17 \times 1\frac{1}{8})$

Parece que se escogió aquí la unidad $1\frac{1}{8}$ para evitar el uso de aquellas fracciones de dirham diferentes del dánaq o del qirat.

La transmutación de un metal en otro es, pues, un reajuste de la proporción de las constituciones manifiesta y latente del primero a aquéllas del segundo, reajuste que ha de ser efectuado mediante un elixir. Según Jábir hay varios elixires apropiados para transmutaciones específicas, pero sólo un grande o supremo elixir (*al-iksir al-a'zam*) puede llevar a cabo transmutaciones de todo tipo. Parece ser que los alquimistas de Alejandría y Harrán utilizaron sólo sustancias minerales en sus intentos de preparación de elixires para transmutaciones, pero Jábir fué un innovador e introdujo productos animales y vegetales en el arsenal de la alquimia. Entre los primeros menciona: tuétano, sangre, cabellos, huesos y orina de leones, víboras, zorras, bueyes, gacelas y asnos domésticos y salvajes. Entre las plantas convenientes incluía el acónito, olivo, jazmines, pasionarias, cebollas, jenjibre, pimienta, mostaza, peras y anémonas.

Tales listas indican que Jábir fué algo más que un teorizante, y hay muchas cosas en sus libros que demuestran que se hallaba bien versado en las operaciones químicas. Aunque su teoría es compleja, oscura y a menudo ridícula para nuestra mente moderna, Jábir puede ser perfectamente claro cuando da instrucciones para una preparación. Bastará un simple ejemplo:

> Para convertir mercurio en un sólido rojo. Tómese una vasija redonda de vidrio y viértase una cantidad conveniente de mercurio dentro de ella. Luego tómese una vasija siria de barro [la alfarería siria gozaba de gran reputación en aquellos tiempos] y póngase en ella un poco de azufre en polvo. Colóquese la vasija de vidrio sobre el azufre y cúbrase luego hasta el borde con más azufre. Métase el aparato en un horno durante una noche, con un fuego suave . . . después de haber taponado la boca de la vasija de barro. Retírese y se encontrará que el mercurio se ha convertido en una dura piedra roja, de color de sangre, . . . es la sustancia que los sabios llaman cinabrio.

Jábir da una descripción menos sistemática que Razi (pág. 123) acerca del instrumental, productos y aparatos de un alquimista, pero clasifica los minerales en tres grupos. Son: *a*) espíritus o sustancias que se volatilizan completamente al calentarlas; *b*) metales o sustancias fusibles, que son maleables, sonoras y poseen brillo; *c*) sustancias, fusibles o no, que no son maleables y pueden ser reducidas a polvo. Los espíritus eran cinco: azufre, arsénico [sulfuros], mercurio, alcanfor y sal amoníaco. Esta es una de las primeras menciones de la sal amoníaco por los árabes, que durante cierto tiempo la importaron del Asia central. Probablemente se obtenía allí como un sublimado mediante la combustión de ganga de carbón [7]. Jábir, sin embargo, sabía como prepararla a partir de materia orgánica, y distingue entre la forma mineral y la sal amoníaco «de cabellos».

Consideraba que había siete metales: oro, plata, plomo, estaño, cobre, hierro y *khar sini*. Este último no ha sido identificado con certidumbre;

su nombre significa «hierro chino» y los escritores musulmanes dicen que era utilizado en China para hacer espejos que tenían la virtud de curar enfermedades oftálmicas cuando los pacientes se miraban en ellos. Fué utilizado asimismo para fundir campanas de un tono particularmente melodioso. Según Laufer [8] era una aleación compuesta principalmente de cobre, cinc y níquel; después de pulida presentaba una superficie plateada y se la llamaba *pai-t'ung* o cobre blanco. No pudo haber en el Islam mucha cantidad disponible de tal metal y fué incluído entre los metales simplemente para elevar el número de éstos a 7, ya que el mercurio fué clasificado como espíritu.

La clasificación que Jábir hizo de los minerales que no eran ni metálicos ni espíritus no era lógica, pero en un libro suyo los reparte en ocho grupos, según sean *a*) pétreos o no pétreos, *b*) pulverizables o no, *c*) fusibles o no. Aunque tal sistema no tiene base sólida, radica al menos en observaciones sensoriales.

Presenta considerable importancia el hecho de que el texto árabe de la famosa *Tabula Smaragdina*, o Tabla de las Esmeraldas, de «Hermes» fué descubierta por vez primera en el *Libro segundo del elemento* [στοιχεῖον] *de la fundacíon*, de Jábir [9]; antes de este descubrimiento (1923) sólo era conocido en latín medieval. Jábir dice que cita a Apolonio de Tiana, y se ha encontrado otra versión de la *Tabula* en un libro llamado *El secreto de la Creación* que data probablemente de comienzos del siglo IX, atribuído a Apolonio. El idioma original de la *Tabula* es desconocido, pero hay indicios que denotan que bien pudo haber sido el sirio. En su forma latina es quizá la composición más famosa de la literatura alquímica.

Debemos dedicar una nota final al problema de quién fuera el autor de las obras latinas, tales como *Summa perfectionis*, atribuídas a Géber. Aparecen por vez primera al final del siglo XIII, y sólo se conoce original árabe de una de ellas *El libro de setenta*, no incluído en ninguna de las ediciones latinas consultadas. Las otras presentan sin duda señales de influencia musulmana, pero esto ocurre con la mayoría de las obras occidentales antiguas sobre alquimia, lo que es consecuencia natural del hecho de que la alquimia en la Europa románica fué casi exclusivamente una importación del Islam. Lo más probable es que las obras escritas por un alquimista europeo anónimo circulasen bajo el nombre de Jábir, a causa de la autoridad de éste.

RAZI

Abú Bakr Muhammad ibn Zakariyya, conocido como Al-Razi, «el hombre de Ray» (*Rhagae*), por el lugar de su nacimiento, cerca de Teherán, fué posterior a Jábir ibn Hayyán, aunque posiblemente contemporáneo a la composición de parte del *corpus* jabiriano. Vivió de 866 a 925. Razi fué el médico más grande de toda la Edad Media y sus obras de medicina gozaron de una autoridad indiscutible durante seiscientos años, contribuyendo especialmente al progreso de la ginecología y oftalmología. El estudio monográfico en que por vez primera distinguió entre las viruelas y el sarampión es clásico en medicina. Ejerció en su ciudad natal y también en el gran hospital de Bagdad; su éxito como clínico iba acompañado por una habilidad extraordinaria como docente de la medicina.

Le atrajo, como a muchos médicos de la época, el estudio de la alquimia, y se dice que escribió una veintena de libros sobre la materia. No todos han sobrevivido, pero uno de ellos, *El libro del secreto de los secretos* (*Kitab Sirr al-Asrar*), ha sido traducido al alemán, acompañado de un comentario de Ruska [10]. Una buena parte de su trabajo alquímico ha sido también estudiada por Stapleton, que le coloca a la altura intelectual de Galileo y Boyle.

El fondo metafísico de la alquimia de Razi recuerda el de los escritos jabirianos: es ismaelita y por tanto tiende a un espíritu de libertad de disquisición. El objeto propio de la alquimia es para él todavía la transmutación de los metales básicos en oro por medio de elixires, pero el estudio de los libros de Razi produce la impresión de que se interesó mucho más en la química práctica que en la alquimia teórica. El *Kitab Sirr al-Asrar* es el precursor de un manual de laboratorio y, aunque los procedimientos descritos son a menudo difíciles de interpretar, contiene probablemente descripciones de experimentos que el mismo Razi llevó a cabo. Es evidente, por la lista que da de productos y aparatos, que su laboratorio estuvo bien surtido. Tenía vasos, frascos, redomas, cubetas, vidrios de cristalización, jarras, cacerolas, velas, mecheros de nafta, braseros, tubos, hornos de fundición, limas, espátulas, martillos, cazos, tijeras, tenazas, baños de arena y de agua, filtros de tejido de cabellos y de lino, alambiques, vasijas de destilación, embudos y morteros. Además, Razi da detalles acerca de la construcción de aparatos más complicados a partir de estas y otras unidades.

No sólo tenía en su almacén muestras de todos

los metales conocidos entonces, sino también piritas, malaquita, lapislázuli, yeso, hematitas, turquesa, galena, antimonita, alumbre, vitriolo verde, sosa, bórax, sal común, cal, potasa, cinabrio, plomo blanco, plomo rojo, litargirio, óxido férrico, óxido cúprico, cardenillo y vinagre. Stapleton aporta razones para creer que Razi conocía también la sosa cáustica y la glicerina. No es probable que conociese los ácidos sulfúrico y nítrico, pero Jábir conocía el último y describe su preparación, y pronto se utilizó para separar el oro de la plata.

AVICENA

Abú 'Alí ibn Sina, conocido en Occidente como Avicena, nació en 980 y murió en 1036 ó 37. Fué, como Razi, un persa de una capacidad intelectual extraordinaria. Escritor prolífico cuyos libros gozaron de gran popularidad en el Islam y en la Europa medieval, se ha dicho de él con acierto que su pensamiento representa la cúspide de la filosofía medieval. Sus obras más importantes fueron el *Canon de Medicina* y la enciclopedia filosófica *Kitab al-Shifa'* o *Sanatio*.

En la sección mineralógica de la *Shifa'*, que circuló en la época medieval en una traducción latina bajo el título de *Liber de mineralibus* y fué atribuída a Aristóteles [11], Avicena acepta la teoría de la formación de los metales por la unión del azufre con el mercurio, pero expresa su más rotundo desacuerdo con las pretensiones de los alquimistas. «No hay duda», dice, «de que los alquimistas pueden ingeniárselas para fabricar sólidos muy semejantes al oro y a la plata, pero estos productos son meras imitaciones. No niego», continúa, «que pueda alcanzarse tal grado de perfección en la imitación que se pueda incluso engañar al más sagaz, pero la posibilidad de una transmutación nunca me ha parecido clara. Al contrario, me parece imposible, puesto que no hay ningún método de convertir una combinación metálica en otra. Aquellas propiedades percibidas por los sentidos no son probablemente las diferencias que distinguen unas especies metálicas de otras, sino meros accidentes o consecuencias, permaneciendo desconocidas las diferencias específicas esenciales». En otras palabras, admite que los metales eran de naturaleza compuesta, pero Avicena pensaba que su estructura era demasiado estable para ser alterada por la fusión u otros procedimientos alquímicos. «Parece verosímil», escribe, «que las proporciones de los elementos que entran en la composición de cada uno de los metales sean diferentes de las de cualquier otro. En ese caso un metal no puede ser convertido en otro hasta que se deshaga su estructura y quede convertida en la composición de aquél en que queremos transformarlo. Pero esto no puede realizarse mediante fusión, que mantiene la unión y simplemente origina la introducción de alguna sustancia o virtud extraña».

Las opiniones de Avicena recibieron escaso apoyo. Eran muy avanzadas para su época, y los alquimistas, haciendo caso omiso de cualquier duda, continuaron la búsqueda de elixires con entusiasmo inextinguible.

ESCRITORES POSTERIORES

Un contemporáneo de Avicena, más joven, fué Ibn Umaíl, uno de cuyos libros sobre alquimia, *El agua plateada* (*Al-Ma' al-Waraqí*), fué traducido al latín en la Edad Media y aparece impreso en el *Theatrum Chemicum* de Zetzner (1622). Esta obra, cuyo texto arábigo ha sido editado por Turab Alí [12] en 1933, es importante pues contiene numerosas citas de tratados más antiguos de alquimia, que de otro modo hubieran permanecido desconocidos. Ibn Umaíl tenía la opinión de que las pirámides de Egipto fueron construídas para la práctica de la alquimia, concordando así con el historiador Al-Nadím (*circa* 988), quien dice: «Una pirámide contiene habitaciones de formas diferentes, en las que hay lugares adecuados para mezclas, trituraciones, soluciones, coagulaciones y destilaciones, lo que indica que cada una de ellas fué construída para el arte de la *kimia*». En la figura 1 aparecen reproducidas representaciones simbólicas de pirámides tomadas de un manuscrito de *Al-Ma' al-Waraqí*.

Una obra de comienzos del siglo décimo, atribuída — con justificación dudosa — al hispanoárabe Maslama de Madrid, es conocida bajo el nombre de *El escalón del Sabio* [13]. Como de costumbre es preponderantemente teórica, pero hay allí también muchos datos directos sobre varias operaciones prácticas, especialmente el refinamiento del oro y la plata por copelación y otros métodos. Parece que el autor puso más cuidado que el usual en las observaciones cuantitativas. En un experimento, tomó un cuarto de libra de mercurio, lo calentó moderadamente durante cuarenta días y luego pesó el polvo rojo resultante. No pudo encontrar ninguna variación de peso; pero el hecho de que realizase tal determinación indica que tenía una mente cuidadosa e inquisitiva.

El desplazamiento de la teoría y práctica de la alquimia durante los siglos XII y XIII desde el

Islam a Occidente fué acompañado de una disminución del número de escritores árabes sobre el tema; aunque, quizá, las investigaciones futuras nos mostrarán que esta decadencia no fué tan grande como inferimos en la actualidad. Generalmente, los libros que se escribían eran simples recopilaciones de tratados más antiguos o comentarios sobre ellos. Así Abu'l-Qasim al-'Iraqí, que vivió en el siglo XIII, se limitó a copiar, reconociéndolo o no, pasajes de *Al-Ma' al-Waraqí* y otros libros y, al hacerlo así, seguía simplemente una práctica común. Debemos decir, sin embargo, algo en favor de estos suministradores de conocimientos de segunda mano, pues a menudo nos capacitan para completar lagunas en nuestros datos de la literatura anterior. Uno de ellos, en especial, Aidamur al-Jildakí [14], es una excelente fuente de información, y este bosquejo de la alquimia musulmana puede muy bien concluir con él.

Se conoce muy poco de la vida de Jildakí. Floreció en la primera mitad del siglo XIV, vivió durante cierto tiempo en El Cairo, y pasó diecisiete años de intenso viajar para conocer a los principales alquimistas de su época y coleccionar escritos sobre alquimia. La mayor parte del resto de su vida la dedicó a escribir, pues compuso por lo menos veinticinco libros, algunos de considerable longitud. El mérito de estos libros radica en las numerosas citas que, afortunadamente, Jildakí consideró oportunas e incluyó en ellos, mérito realzado por la precisión general con que están hechas las citas. En muchos casos, hay todavía ejemplares de las obras originales y su examen muestra que Jildakí fué un copista cuidadoso; podemos pues aceptar confiadamente como auténticos otros pasajes de los que no existe otra fuente más antigua.

La mayoría de las obras de Jildakí aún espera un estudio detallado; sin embargo, recientemente ha sido efectuado por Taslimi [15] un examen completo de la *Nihayat al-Talab* o *Fines de la investigación*, que es un comentario de Jildakí a un libro de Abu'l-Qasim al-'Iraqí, conocido como el *Muktasab* [16]. Se puede juzgar la riqueza del material suministrado por Jildakí por el hecho de que sólo en la *Nihayat* copia o menciona no menos de 42 obras de Jábir y un extenso número de tratados de otros autores, incluyendo Ibn Umaíl, Avicena (al que acusa de plagio de Al-Farabi), Maslama, Khalid ibn Yazid y Razi. Otro de los libros de Jildakí que compensaría bien su estudio es el *Kitab al-Burhán*, o *Libro de la Prueba*, que contiene un comentario al *Libro de los siete Idolos* atribuído a Apolonio de Tiana. Taslimi dice que existe notable semejanza entre las ideas contenidas en la cita de Jábir, dada en el *Nihayat*, y las encontradas en las obras latinas de Géber. No cree, sin embargo, que la correlación justifique el establecimiento de una íntima conexión entre ambas.

El autor expresa su más profundo agradecimiento al Dr. Manuchehr Taslimi por el regalo de un ejemplar de su tesis, mencionada en la referencia 15.

REFERENCIAS

[1] STAPLETON, H. E. *Ambix*, **5**, 1–43, 1953.
[2] FORBES, R. J. *Chymia*, **4**, 1, 1953.
[3] STAPLETON, H. E. *Ambix*, **5**, 2, 1953.
[4] KRAUS, P.: «Jábir ibn Hayyán». Institut Français d'Archéologie Orientale, El Cairo. Vol. I, 1943; Vol. II, 1942. *Passim.*
[5] *Idem.*
[6] STAPLETON, H. E. *Ambix*, **5**, 36–7, 1953.
[7] RUSKA, J.: «Al-Rāzī's Buch Geheimnis der Geheimnisse, Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin», Vol. VI, pág. 39. Berlín. 1937.
[8] LAUFER, B. *Sino-Iranica*, pág. 555. Publicaciones del Field Museum of Natural History, 21. Chicago. 1919.
[9] HOLMYARD, E. J. *Nature, Lond.*, **112**, 525, 1923. Cf. también PLESSNER, M.: «Hermes Trismegistus and Arab Science». *Studia Islamica*, II, 45–9, 1954.
[10] Véase referencia [7].
[11] HOLMYARD, E. J. y MANDEVILLE, D. C.: «Avicennae De Congelatione et Conglutinatione Lapidum». Geuthner, París. 1927.
[12] TURAB ALI. *Mem. Asiat. Soc. Beng.*, **12**, 1, 1–104, 1933. El texto arábigo va acompañado de una descripción de los escritos y fechas de Ibn Umaíl y una edición de la traducción latina de *Al-Ma' al-Waraqí* de H. E. Stapleton y M. H. Husain.
[13] HOLMYARD, E. J. *Isis*, **18**, 293–305, 1924.
[14] *Idem. Iraq*, **4**, 47–53, 1937.
[15] TASLIMI, M.: Tesis aprobada para el Título de Doctor en Filosofía (Ph.D.), Universidad de Londres, 1954. No publicada aún.
[16] HOLMYARD, E. J.: «Al-'Ilm al-Muktasab fi Zira'at al-Dhahab». Geuthner, París. 1923.

Las porfirinas

C. RIMINGTON

Las porfirinas, pigmentos provistos de nitrógeno, son de grande importancia en los reinos animal y vegetal. Si bien conocidas desde hace casi un siglo, la investigación mediante la técnica del indicador isótopo ha revelado, sólo recientemente, las etapas principales de su biosíntesis. Estudios más amplios arrojarán nueva luz sobre los detalles de los procesos de la formación de pigmentos hema-porfirínicos en el cuerpo, y sobre las aberraciones metabólicas que dan lugar a las terribles enfermedades porfíricas.

Las porfirinas se encuentran tanto en estado libre como en forma de complejos metálicos, siendo de importancia particular en los animales sus combinaciones con el hierro o «hemas». Debemos mucho de nuestro conocimiento de la química de las porfirinas a Hans Fischer y su escuela de Munich, que desde 1915 a 1945 llevaron a cabo investigaciones de gran trascendencia acerca de su estructura y química. Sin embargo, la primera preparación de una porfirina en estado razonable de pureza se consiguió mucho antes; en una memoria presentada al *Privy Council* en 1867 [1], Thudichum describió la acción de un ácido fuerte sobre la sangre, y cómo había podido separar de la mezcla un pigmento al que daba el nombre de «cruentina». Algunos años más tarde, Hoppe-Seyler [2] cambió ese nombre por el de «hematoporfirina» para indicar su color rojo en solución y su procedencia de la sangre. Esta porfirina se llama todavía hematoporfirina y ahora se conocen claramente su estructura química y su relación con la hemoglobina. Otro pigmento importantísimo, que también contiene hierro en combinación ha resultado ser de fácil preparación en forma cristalina a partir de la hemoglobina, tratando la sangre con ácido acético caliente. La investigación de esta sustancia, la hemina, verificada principalmente por Nencki, Küster, Willstätter y finalmente por Fischer, puso en claro la verdadera estructura de las porfirinas.

La molécula de porfirina se compone esencialmente de cuatro anillos pirrólicos unidos por puentes de carbono en una estructura macrocíclica (Fig. 1). El miembro más sencillo será aquel en el que todas las posiciones numeradas de 1 a 8 en el núcleo pirrólico están ocupadas por átomos de hidrógeno. Esta sustancia no se encuentra en la naturaleza, pero cabe prepararla sintéticamente; Fischer le dió el nombre de «porfina», a base del cual estableció un sistema racional de nomenclatura para todas las porfirinas. Así, la hematoporfirina que, como sabemos, presenta la estructura de la Fig. 2, se

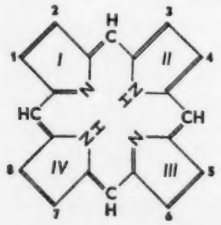


FIGURA 1 – *Estructura de la porfirina.*

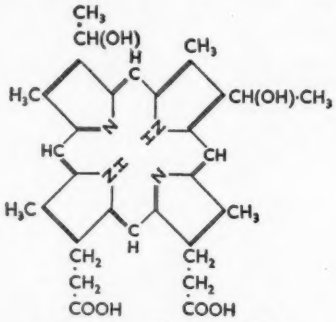


FIGURA 2 – *Hematoporfirina.*

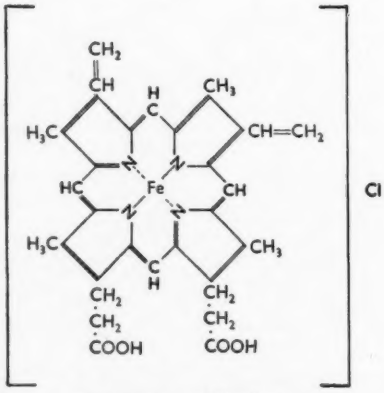


FIGURA 3 – *Hemina.*

denomina ácido 1, 3, 5, 8-tetrametil-2, 4-di-(α-oxietil)-porfin-6, 7-dipropiónico. La hemina (Fig. 3) es el cloruro de un complejo de hierro; su única diferencia con la hematoporfirina en la estructura porfirínica es que las posiciones 2 y 4 llevan grupos vinilo en lugar de grupos hidroxietilo. La eliminación en la hemina del hierro coordenado nos conduce a la protoporfirina (Fig. 4).

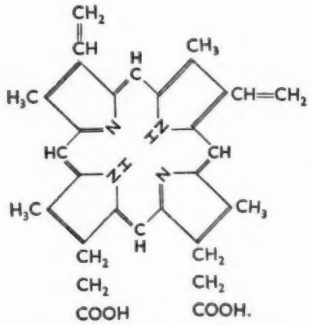


FIGURA 4 – *Protoporfirina IX.*

Resulta claro que en un caso como el de la protoporfirina, la fórmula presentada indica sólo uno de los quince modos posibles de distribuir los grupos de cuatro metilos, dos vinilos y dos de ácido propiónico como substitutos de los ocho átomos de hidrógeno de la porfina. La exactitud de la estructura ilustrada, la novena posibilidad, tiene por base el trabajo de síntesis de Fischer. Así es que la protoporfirina natural se llama de ordinario «protoporfirina IX».

Fischer preparó también sintéticamente los cuatro isómeros posibles de etioporfirina en que se hallan presentes cuatro grupos metilo y cuatro grupos etilo como substitutos de los anillos pirrólicos (Fig. 5). Cada etioporfirina puede considerarse como punto de partida teórico de una serie de porfirinas derivadas por inserción de grupos vinilo, ácido acético, ácido propiónico, etc., en lugar de los grupos etilo. La Fig. 6 presenta las cuatro coproporfirinas, indicando los números romanos de cual de los cuatro isómeros de etioporfirina se ha derivado teóricamente el pigmento. La protoporfirina IX es una porfirina de la serie III (Fig. 4). Los pigmentos de las series II y IV no parecen ser producto de células vivientes; esto limita a dos en cada caso el número de coproporfirinas (Fig. 6) y uroporfirinas (Fig. 7). La protoporfirina IX (Fig. 4) parece ser la única que se encuentra en la naturaleza.

La detección de las porfirinas es fácil debido a que a más del color, la estructura altamente resonante del anillo de porfirina les confiere otras dos propiedades: la presencia de bandas de absorción características y bien definidas en las regiones visual e inmediata ultravioleta del espectro, y de una fluorescencia intensamente roja a la luz ultravioleta, que hace posible su identificación aun en concentraciones tan pequeñas como $1/10^9$ de porfirina en un solvente apropiado. La orina normal contiene de unos 10 a 200 microgramos por litro de una mezcla de coproporfirinas I y III y una cantidad menor de uroporfirina, principalmente uroporfirina I. Se elimina diariamente en las heces fecales como un cuarto de miligramo de coproporfirinas y algo de protoporfirina. La coproporfirina y la protoporfirina están presentes en los glóbulos rojos, donde el pigmento principal es, naturalmente, hemoglobina constituída por globina proteínica unida al hema, el complejo de hierro de la protoporfirina IX. Los complejos de hierro porfirínicos combinados con otras proteínas especializadas constituyen los citocromos, catalizadores respiratorios presentes en toda célula viviente que consume oxígeno; la catalasa, enzima que destruye rápidamente el peróxido de hidrógeno; y otros catalizadores parecidos que son esenciales para la vida de la célula. Las clorofilas *a* y *b* son complejos de magnesio de estructuras modificadas de porfirina.

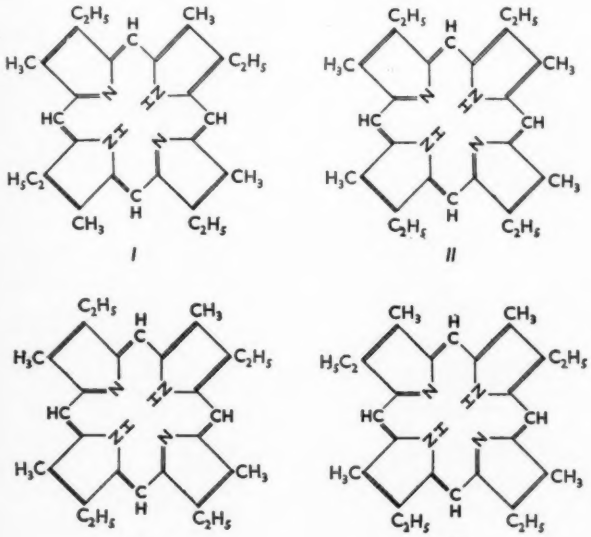


FIGURA 5 – *Las cuatro etioporfirinas isoméricas.*

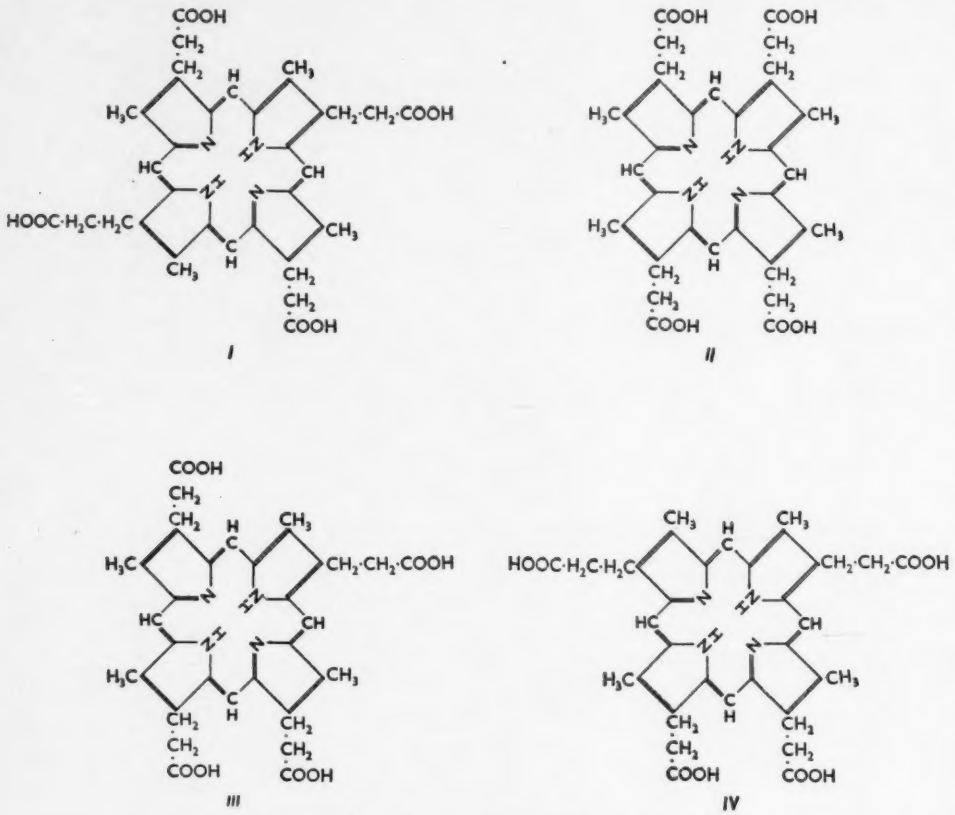


FIGURA 6 – *Las cuatro coproporfirinas isoméricas.*

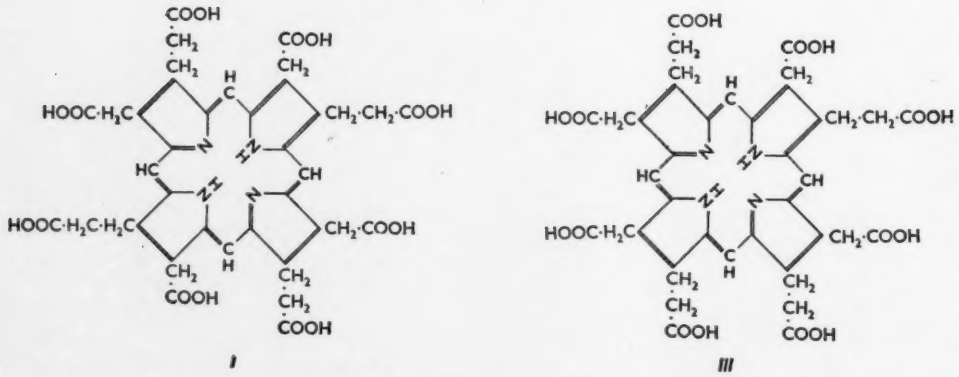


FIGURA 7 – *Las dos uroporfirinas isoméricas que ocurren en la naturaleza.*

Las porfirinas libres, es decir, las que no están ligadas a metales, se pueden encontrar en pequeñas cantidades en la mayoría de los tejidos y órganos animales, en partes del sistema nervioso inclusive, pero en algunas especies aparecen localizaciones peculiares. En los roedores — la rata, por ejemplo — la glándula de Harder, que está relacionada con el aparato lacrimal, contiene grandes cantidades de protoporfirina; su aspecto observado a la luz ultravioleta filtrada es muy notable (Fig. 9). Mientras que el esqueleto óseo de la mayoría de animales no contiene suficiente porfirina para ser visible directamente, el de la ardilla (*Sciurus niger*) y de otros roedores posee claramente un tinte moreno y a la luz ultravioleta presenta una brillante fluorescencia roja (Fig. 14), siendo particularmente notable la de los dientes. Otros ejemplos son la deposición de uroporfirinas en ciertas conchas marinas y en las zonas de calcificación de los huesos del feto. Un caso único de un derivado de porfirina en la naturaleza, es el del complejo de cobre de la uroporfirina III en las plumas de los turacos (*Musophagidae*), aves africanas emparentadas con el cuclillo, a cuyas alas comunica un brillante y muy hermoso color rojo.

Muchos conocimientos de la bioquímica de la porfirina se deben a ciertas perturbaciones algo raras en el metabolismo de la porfirina, lo mismo en el hombre que en los animales; en esas condiciones el cuerpo produce cantidades excesivas de pigmentos. Son enfermedades hereditarias, como la porfiria congénita, heredada como carácter recesivo mendeliano, en la que desde el nacimiento se eliminan grandes cantidades de uroporfirinas y coproporfirinas, principalmente de la serie I, en la orina y heces; los tejidos del cuerpo también llegan a quedar saturados de porfirinas. Como las porfirinas son fuertemente fotoactivas, semejante estado ocasiona intensa fotosensibilidad en los pacientes. Los dientes y huesos tienen una coloración rojo-parduzca, adquiriendo bajo la luz ultravioleta una brillante fluorescencia (Figs. 10, 15, 16 y 17). En esta enfermedad es también fluorescente la orina recién excretada, a causa de las uroporfirinas y coproporfirinas que contiene (Fig. 12). Otro desorden del metabolismo porfirínico, denominado *porphyria cutanea tarda*, tiene muchos puntos de semejanza con la porfiria congénita. La fotosensibilidad es también un rasgo notable, si bien este estado sólo aparece en enfermos de más edad; las porfirinas se producen en cantidades excesivas que, en general, se eliminan con las heces y no elevan la concentración porfirínica urinaria por encima de la normal sino en casos de graves exacerbaciones transitorias. La fotosensibilidad se manifiesta en distintos grados de agudeza, pero raramente se observan las anormalidades deformantes de la porfiria congénita.

Una tercera enfermedad, la *porphyria acuta*, difiere en muchos aspectos de las anteriores. Se hereda como un carácter dominante, presentando la mayor incidencia en la segunda o tercera década de la vida, sin producir jamás fotosensibilidad. Los síntomas característicos son dolor abdominal intenso, vómito, estreñimiento, confusión mental, y a menudo parálisis progresiva con pronóstico mortal. Se observa cierto exceso de coproporfirina en la orina recién excretada, pero en lugar de la uroporfirina encontramos una sustancia incolora y no fluorescente llamada porfobilinógeno que, en reposo, se transforma en una mezcla de uroporfirinas. Tratando la orina recién expulsada con el reactivo de Ehrlich, que es una solución de *p*-dimetilaminobenzaldeido en ácido 5N hidroclórico, se descubre fácilmente el porfobilinógeno y por ende se reconoce la porfiria aguda. Las Figs. 11 (*a*) y (*d*) muestran respectivamente orina con urobilinógeno y orina que contiene porfobilinógeno de un caso de porfiria aguda. Cuando están presentes el porfobilinógeno o el urobilinógeno, se produce con el reactivo una coloración roja; sin embargo, al añadir un volumen igual de acetato de sodio saturado y agitarlo con cloroformo, el compuesto rojo debido al urobilinógeno es desplazado hacia la zona del cloroformo (Fig. 11(*b*)) mientras que permanece en la fase acuosa (Fig. 11(*c*)) el producido por el porfobilinógeno. Este ensayo, conocido con el nombre de reacción de Watson-Schwartz, es de fácil ejecución y de la mayor importancia en la diagnosis de la porfiria aguda.

Entre los familiares de los enfermos de porfiria aguda cabe encontrar individuos con la enfermedad en estado latente, que excretan porfobilinógeno en la orina, pero sin manifestar otro síntoma. Debe siempre prevenírseles que eviten el uso de barbitúricos y sulfamidas, toda vez que estas drogas pueden transformar en porfiria aguda típicamente activa la porfiria latente.

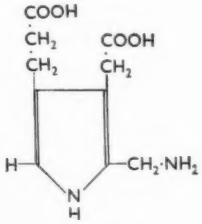


FIGURA 8 – *Porfobilinógeno.*

Recientemente se ha logrado aislar el porfobilinógeno, comprobándose que se trata de un sencillo derivado del pirrol (Fig. 8). Calentándolo en ácido

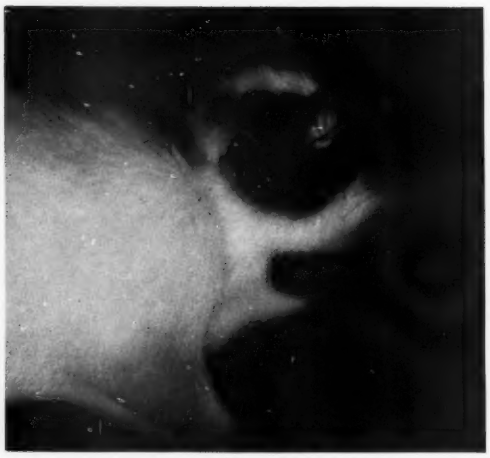


FIGURA 9 – *Glándula de Harder de una rata. Luz ultravioleta.*

FIGURA 10 – *Porfiria congénita en un buey sudafricano. Huesos fuertemente pigmentados con uroporfirina.*

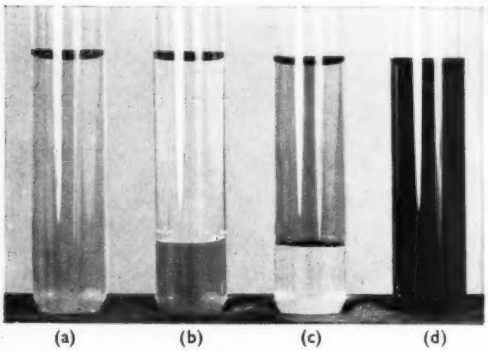


FIGURA 11 (*izquierda*) – *Prueba de Watson-Schwartz para la determinación del porfobilinógeno en la porfiria aguda.*

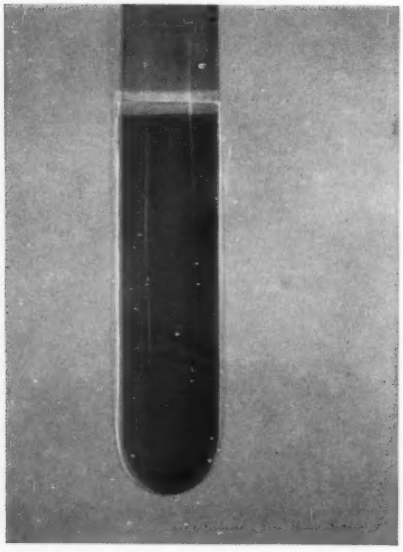


FIGURE 12 – *Orina que contiene porfirina, recogida en un caso de porfiria congénita. Luz ultravioleta.*

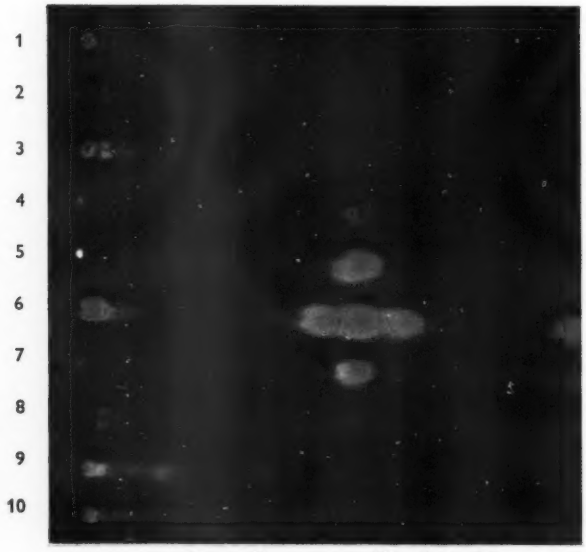
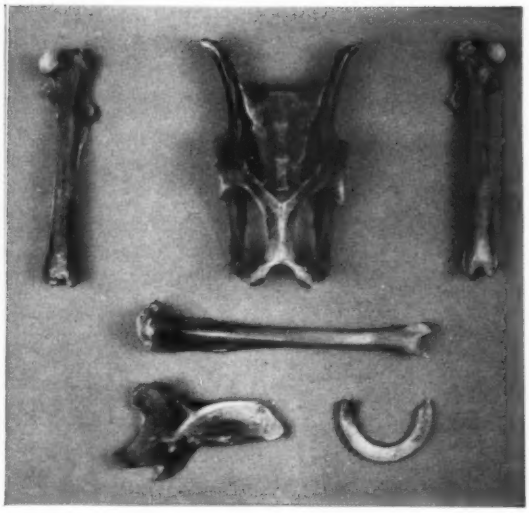


FIGURA 13 – *Separación cromatográfica de porfirinas. Luz ultravioleta.*

(a)



(b)

FIGURA 14 – *Huesos de ardilla* (Sciurus niger). (a) *Luz ultravioleta.* (b) *Luz blanca.*

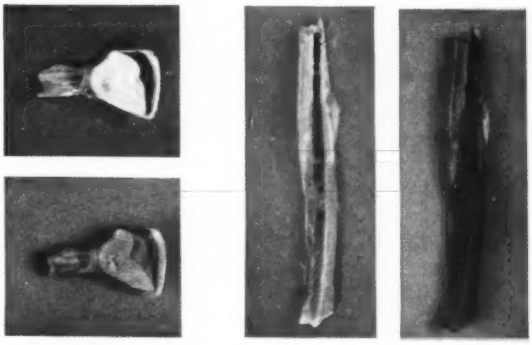


FIGURA 15 (*derecha*) – *Diente de buey enfermo de porfiria congénita; trozo de costilla de un cerdo con porfiria congénita. Luz blanca y ultravioleta.* (*Especímenes prestados por el Dr. T. K. With, de Svendborg, Dinamarca.*)

FIGURA 16 – *Porción de la mandíbula inferior de buey con porfiria congénita. Luz ultravioleta.* (*Espécimen prestado por el Dr. T. K. With, de Svendborg, Dinamarca.*)

FIGURA 17 – *Superficie superior de la mandíbula de buey de la Fig.* 16. *Nótese la fluorescencia localizada debida a la porfirina en los dientes. Luz ultravioleta.*

FIGURA 18 – *Médula de hueso procedente de un caso de porfiria congénita (eritropoyética) en el hombre. Nótese la abundancia de células con fluorescencia debida a la porfirina. Luz ultravioleta. (Proporcionado por el Profesor C. J. Watson y el Dr. R. Schmid de la Universidad de Minnesota.* Arch. intern. Med., **93**, 167, 1954.) (× 260)

FIGURA 19 – *Aspecto de bloques necrópsicos de tejido hepático a la luz ultravioleta. Izquierda: de un caso de porfiria congénita (eritropoyética). Derecha: de un caso de porfiria aguda (hepática). Centro: de casos de porfiria cutánea tarda. Nótese la presencia de porfirina sólo en el segundo caso. (Proporcionado por el Profesor C. J. Watson y el Dr. R. Schmid, de la Universidad de Minnesota.* Arch. intern. Med., **93**, 167, 1954.)

diluído se transforma con facilidad en una mezcla de uroporfirinas isoméricas entre las que predomina la serie isómera III. Este cambio se realiza con más lentitud a la temperatura ambiente y se acelera a la luz natural, de manera que la orina en reposo tomada de un caso de porfiria aguda desarrolla casi invariablemente uroporfirina.

El examen de los órganos de un fallecido de porfiria aguda demuestra la presencia de porfobilinógeno no fluorescente en el hígado y, en menor cantidad, en los riñones y la sangre, pero la médula ósea no contiene ni porfobilinógeno ni excesivas cantidades de porfirina. En la porfiria congénita, por otra parte, está ausente el porfobilinógeno, y las porfirinas hepáticas no experimentan gran aumento; sin embargo, la médula contiene numerosas células de la serie eritropoyética con porfirina, que a la luz ultravioleta son intensamente fluorescentes (Figs. 18 y 19). En *porphyria cutanea tarda* las células hepáticas son ricas en porfirina, pero contienen poco o ningún porfobilinógeno. Con objeto de subrayar la diferencia en los respectivos puntos de procedencia de los excesivos pigmentos o de sus precursores, Watson ha propuesto subdividir la porfiria en «hepática» y «eritropoyética», comprendiendo la primera la porfiria congénita, y la segunda la porfiria aguda del tipo de la cutanea tarda y, además, un tipo de porfiria experimental provocada por la administración de sustancias como el Sedormid (alil*iso*propilacetilcarbamida), alil*iso*propilacetamida y ácido dialilbarbitúrico. Todas estas sustancias provocan en animales normales la excreción de porfobilinógeno y cantidades excesivas de coproporfirinas en la orina.

LA BIOSINTESIS DE PORFIRINAS Y DE HEMA

Nada se sabía diez años atrás acerca de las etapas seguidas por las células vivientes al sintetizar las porfirinas y el hema de la hemoglobina. En la actualidad no son ya un arcano las principales etapas de la secuencia biosintética, debido a la introducción de las técnicas de los indicadores isotópicos. En 1946 [3] fué demostrado que el átomo de nitrógeno de la glicina está incorporado específicamente en el hema de eritrocitos humanos recién formados. Posteriormente se vió que la sangre de pato, que posee eritrocitos nucleados, era capaz de realizar la misma biosíntesis *in vitro*; el equipo americano ha empleado este sistema, mientras que los equipos británicos usaron conejos vivos o preparaciones de glóbulos rojos de polluelo.

En todos los casos la finalidad primordial ha sido la degradación del hema, que fué sintetizado en presencia de un precursor marcado isotópicamente, de un modo tal que es posible medir la actividad específica de los átomos individuales.

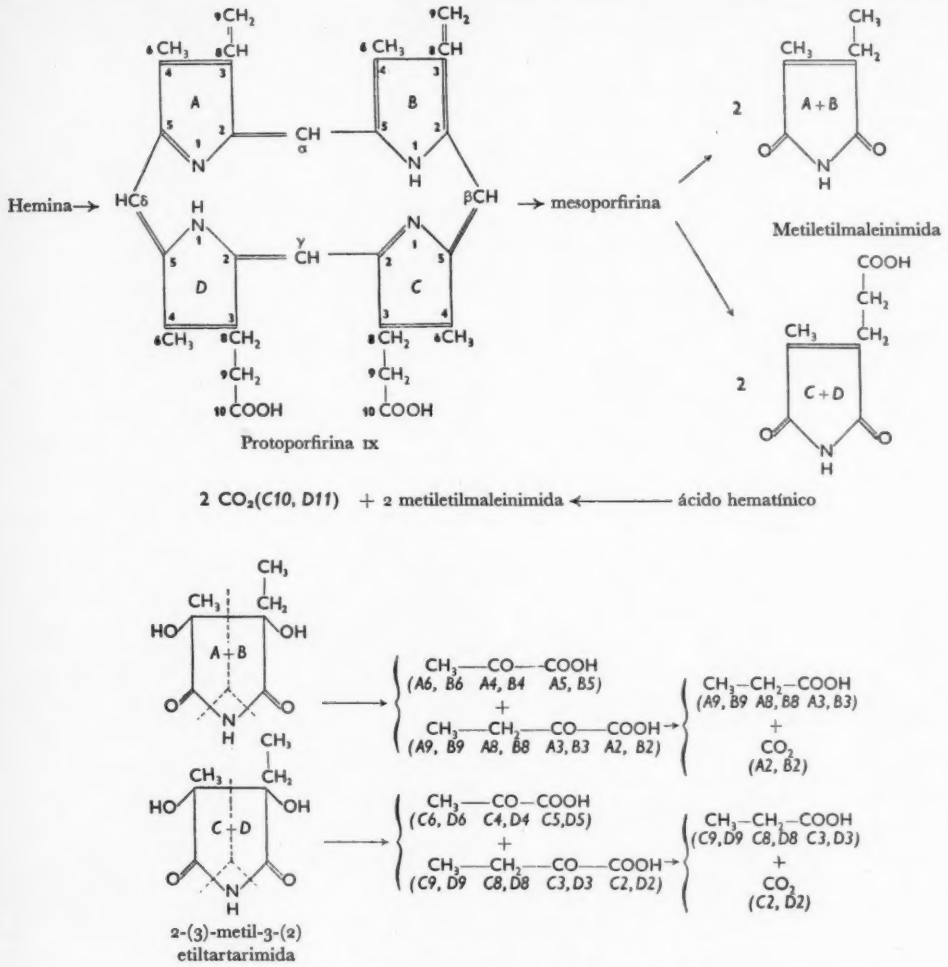


FIGURA 20 – *Degradación de la hemina.*

En el caso del hema esto no es factible por completo, puesto que los anillos pirrólicos I y II son de similar estructura, como lo son los anillos III y IV; cabe, sin embargo, degradar por separado estas parejas. Se separa primeramente el hierro del hema y los grupos vinilo de la protoporfirina resultante se reducen catalíticamente a grupos etilo; la porfirina formada se conoce con el nombre de mesoporfirina (*Vid.* la Fig. 20 en la que los átomos individuales y los anillos se identifican convencionalmente, empleándose A, B, C y D para los últimos para evitar confusión con los numerales que denotan átomos). La oxidación por medio del ácido crómico rompe el anillo macrocíclico, liberando los átomos-puente de carbono en forma de CO_2 y produciendo cada uno de los anillos A y B una molécula de metiletilmaleinimida, y C y D una de ácido hematínico. Por el calor el ácido hematínico se descarboxila para producir una molécula de anhídrido carbónico y una de metiletilmaleinimida (Fig. 20). Los dos grupos de metiletilmaleinimida, que representan los pirroles A + B y C + D respectivamente, se degradan por separado según la nueva serie de procesos indicados en la Fig. 20, con lo cual se obtiene, finalmente, cada átomo de carbono de la porfirina en forma de anhídrido carbónico, cuya radiactividad se puede medir y comparar con la del substrato de C^{14} usado en el experimento.

Se ha comprobado que los cuatro átomos de nitrógeno del hema provienen del nitrógeno de la

glicina, al par que el átomo de carbono del metileno de la glicina contribuye con los cuatro átomos-puente de carbono y con otro átomo de carbono en cada anillo pirrólico, A_2, B_2, C_2 y D_2. El grupo carboxilo de la glicina no está incorporado en la estructura de la porfirina. Pueden derivarse del acetato todos los átomos de carbono del hema que no proporciona la glicina, pero los experimentos con acetato marcado con carbono radiactivo en los grupos carboxilo o metilo respectivamente, demuestran que el acetato por sí mismo no puede ser el precursor inmediato.

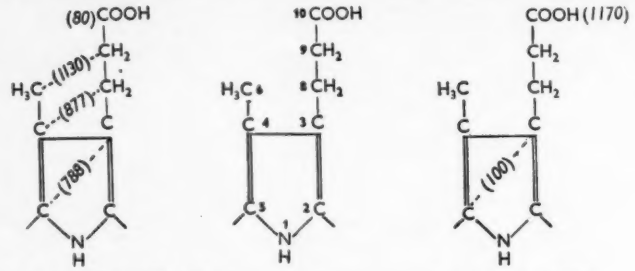
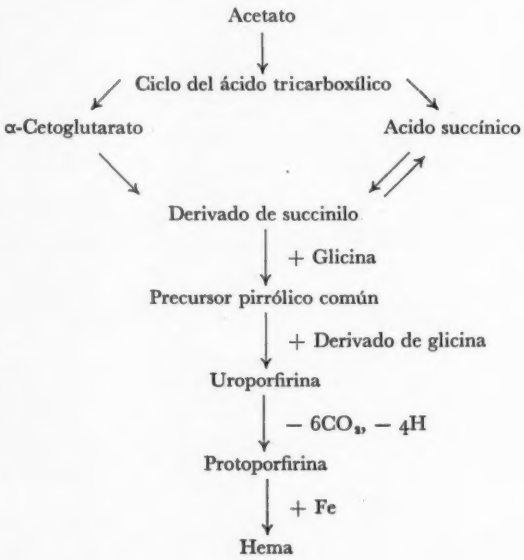


FIGURA 21 – *Promedio de actividades (entre paréntesis) de átomos comparables de carbono en todas las unidades pirrólicas. La unidad pirrólica representada contiene un grupo carboxílico, encontrado solamente en los anillos C y D de la porfirina* [4].

Si se aplica a la porfirina sintetizada en presencia de acetato marcado con C^{14} en el grupo carboxilo una degradación escalonada, encontramos la actividad mayor en los grupos C_{10} y D_{10} de ácido carboxílico de la porfirina, si bien encontramos también alguna en los átomos de carbono 3 y 5 en todos los anillos. Empleando acetato marcado con C^{14} en el grupo metilo, la máxima actividad se encuentra en los átomos de carbono 6 y 9 de todos los anillos, aun cuando hallamos también buena actividad en las posiciones 4, 8, 5 y 3 y muy poca en C_{10} y D_{10} (*Vid.* Tabla 1). Las pruebas de que derivan del mismo precursor las dos mitades de los anillos pirrólicos que dan lugar, respectivamente, a los ácidos pirúvico y α-cetobutírico en degradación (Fig. 20), resultan de la igual actividad específica para cada uno de los pares de posición 6 y 9, 4 y 8, 5 y 3 respectivamente (Fig. 21).

A base de estos descubrimientos se postuló [4] que, en el curso de la biosíntesis de la porfirina, se forma primeramente un sólo precursor de naturaleza pirrólica como consecuencia de la unión de dos unidades no simétricas de cuatro carbonos y una unidad de glicina. La unidad de los cuatro carbonos podría ser un derivado del ácido succínico producido por un acetato *via* el ciclo del ácido tricarboxílico. De ser ello así, el precursor de los cuatro anillos de A a D llevaría en sus posiciones ββ′ cadenas laterales de ácido acético y ácido propiónico. La unión de cuatro unidades de este pirrol y cuatro unidades que representen los átomos de carbono α de las moléculas de glicina podría producir una uroporfirina. La pérdida de seis grupos carboxilo y cuatro átomos de hidrógeno podrá entonces conducir a la protoporfirina y luego al hema, previa incorporación del hierro. A continuación resumimos el esquema (según Shemin):



El hecho de que la adición de la coenzima A a un sistema de sangre aviar aumenta la utilización del succinato para formar porfirina *in vitro*, sugiere la posibilidad de ser coenzima A succinílico el derivado asimétrico del succinilo; sin embargo, no se han conseguido aún pruebas directas que avalen semejante supuesto.

Tan pronto como se pudo disponer de porfobilinógeno puro y se demostró [5] que se trataba de un derivado de pirrol (Fig. 8), con las mismas cadenas laterales en las posiciones β y β′ que las de los anillos pirrólicos de la uroporfirina (Fig. 7), se hizo evidente su posible relación con la biosíntesis de la porfirina normal.

El porfobilinógeno agregado a un hemolisato de glóbulos rojos aviares podría servir de substrato

TABLA I

Actividad total (descargas por minuto) de cada uno de los átomos de carbono de protoporfirina biosintetizada partiendo de acetato marcado con C^{14} en los grupos metilo y carboxilo respectivamente

Número del carbono	*acetato [metilo-C^{14}]*		*acetato [carboxilo-C^{14}]*	
	Anillos A + B	*Anillos C + D*	*Anillos A + B*	*Anillos C + D*
2	0	0	0	0
3	776	767	95	88
4	973	811	0	0
5	770	833	109	106
6	1210	1010	0	0
8	854	869	0	0
9	1190	1130	0	0
10	—	80	—	1260

para la producción de porfirina [6]. La prueba de que, efectivamente, era el precursor pirrólico común del esquema antes mencionado, y un verdadero intermediario en la biosíntesis de la porfirina normal, resultó de una nueva demostración de que empleando glicina radiactiva como substrato podría aislarse el porfobilinógeno radiactivo en un hemolisato. Puesto que para la síntesis de las porfirinas se han demostrado ser primeras materias la glicina y el ácido succínico, resulta claro que en el curso de los procesos químicos debe intervenir entre ellas y el porfobilinógeno alguna estructura derivada de la unión de las primeras. Se identificó dicha estructura como ácido δ-aminolevúlico [7, 8]. Según Shemin, la glicina y el succinato activo se combinan primeramente para formar ácido α-amino-β-cetoadípico que por ser un ácido β-cetónico pierde fácilmente anhídrido carbónico (de aquí la ausencia del carbono carboxílico de la glicina en la estructura final de la porfirina) para producir ácido δ-aminolevúlico. El equipo de Neuberger ha purificado la enzima que condensa dos moléculas de ácido δ-aminolevúlico y produce porfobilinógeno. Todo el proceso aparece ilustrado en la Fig. 22.

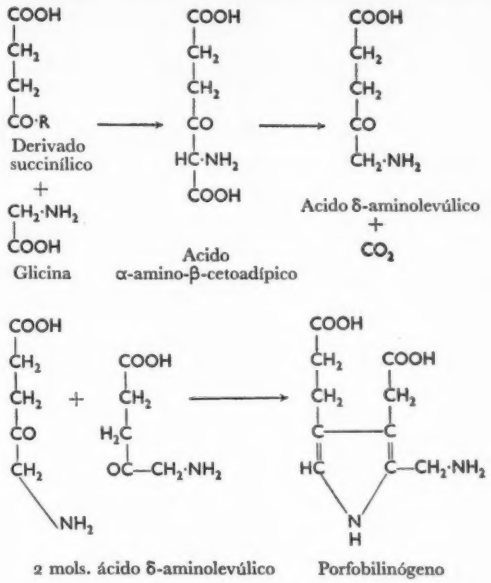


FIGURA 22 – *Esquema-resumen de las etapas biosintéticas desde la glicina + succinato (procedente del ciclo del ácido tricarboxílico) hasta el porfobilinógeno, la sustancia pirrólica más sencilla que se ha comprobado ser un precursor de hema y porfirinas.*

Poco se ha dicho hasta ahora respecto de la posición de la uroporfirina, coproporfirina y protoporfirina en la ruta de la biosíntesis que conduce al hema. Parece que tales sustancias debieran ser fases lógicas de la misma, pero las pruebas son contradictorias. Los sistemas de hemolisato de glóbulo rojo pueden, ciertamente, dar lugar a algunas interconversiones porfirínicas, pero lo hacen bastante ineficazmente, y los datos de la radiactividad demuestran que se obtienen resultados de biosíntesis mucho mejores cuando actúan como substrato la glicina y el succinato, el ácido δ-aminolevúlico o el porfobilinógeno. Esta diferencia tal vez se debe a determinadas condiciones de permeabilidad de las partículas subcelulares.

REFERENCIAS

[1] THUDICHUM, J. L. W. *Rep. Med. Off. Privy Coun.*, **10**, Apéndice 7, 227, 1867.

[2] HOPPE-SEYLER, F. *Med.-chem. Untersuch.*, Nos. 1–4, 1871.

[3] SHEMIN, D. y RITTENBERG, D. *J. biol. Chem.*, **166**, 621, 1946.

[4] SHEMIN, D. y WITTENBERG, J. *Ibid.*, **192**, 315, 1951.

[5] COOKSON, G. H. y RIMINGTON, C. *Biochem. J.*, **57**, 476, 1954.

[6] FALK, J. E., DRESEL, E. I. B., y RIMINGTON, C. *Nature, Lond.*, **172**, 292, 1953.

[7] SHEMIN, D. y RUSSELL, C. S. *J. Amer. chem. Soc.*, **75**, 4873, 1953.

[8] NEUBERGER, A. y SCOTT, J. J. *Nature, Lond.*, **172**, 1093, 1953.

George Johnston y la Ray Society

C. M. YONGE

Las sociedades de Historia Natural han hecho siempre valiosas aportaciones a la biología, y en este año se celebran dos importantes aniversarios de las mismas. Nos referimos al 250 aniversario de la muerte de John Ray, uno de los más grandes naturalistas británicos, y al 1r centenario de la muerte de George Johnston, fundador de la *Ray Society* y eminente representante de los naturalistas de comienzos del siglo XIX, que tanto hicieron por identificar las especies británicas de plantas y animales. La *Ray Society* es internacionalmente famosa por sus volúmenes bellamente ilustrados, referentes a la Historia Natural de Inglaterra.

Linneo inició un nuevo interés por la historia natural en el siglo XVIII. Su método de descripción y nomenclatura y su sistema de clasificación — que más tarde resultó ser bastante artificial — sedujeron a las mentes ordenadas de aquella edad de la razón. Aparte de Linneo, el naturalista más destacado de Europa en aquel tiempo fué George Louis Leclerc, Conde de Buffon. En todas las bibliotecas distinguidas figuraba su *Histoire naturelle*, magníficamente ilustrada. En Inglaterra, Sir Joseph Banks guió el desarrollo de la historia natural con la misma autoridad con que presidiera la *Royal Society*. La primera *British Zoology* fué producida, en los intervalos de sus numerosos viajes, por Thomas Pennant, un hidalgo de provincias, de buena posición. Su amigo y corresponsal Gilbert White, con escasos bienes pero con tiempo libre y gran afición a la cultura, construyó un monumento más duradero dentro de los estrechos límitos de Selborne.

Sabemos menos acerca de John Ellis, que reveló la naturaleza puramente animal de los zoófitos y ayudó a describir los corales recogidos por Cook. El Coronel George Montagu, figura un poco posterior, era un rico caballero que se retiró del ejército para estudiar los animales de las costas occidentales de Inglaterra y para escribir libros sobre aves y moluscos. Los pocos que hicieron de la historia natural un medio de vivir, y no sólo un entretenimiento, lo lograron explotando la afición a las ilustraciones.

Al avanzar el siglo XIX, la influencia de la aristocracia terrateniente comenzó a declinar, elevándose en cambio la clase media. La difusión de la enseñanza y el aumento en cierta medida del ocio y la riqueza se reflejó en un mayor interés por la historia natural y, en particular, por las plantas y animales del campo, de la costa y del mar. El ejército de aficionados a los estudios naturalistas fué reforzado por individuos de las clases liberales, especialmente doctores y clérigos, y por pequeños comerciantes y tenderos. Gradualmente, surgieron los zoólogos y botánicos profesionales, aunque en la mayor parte del siglo XIX la ganancia material en esos trabajadores no correspondía al entusiasmo derrochado ni a los éxitos científicos obtenidos.

Entre estos nuevos naturalistas, George Johnston destaca como figura realmente representativa, digna de recuerdo. Era el décimo hijo de quince, y nació en una granja de Simprin (Berwickshire) el 27 de julio de 1797. Fué educado en Berwick antes de pasar a la Universidad de Edimburgo para estudiar medicina. A los 20 años de edad, obtuvo el diploma del Colegio de Cirujanos, y después de otros estudios en Londres y de practicar durante un breve período en Northumberland, se estableció permanentemente en Berwick-on-Tweed. Obtuvo allí la más amplia clientela médica de la ciudad y sus alrededores, y se hizo una figura popular y querida.

Dedicó todas sus horas libres al estudio de la historia natural, sobre la que escribió muchas memorias y varios libros. Mantuvo una voluminosa correspondencia con los naturalistas contemporáneos, gran parte de la cual, afortunadamente, ha sido conservada y publicada. En 1892, para celebrar el sexagésimo aniversario de la fundación del Club de Naturalistas de Berwickshire, apareció un libro titulado *Selections from the Correspondence of Dr. George Johnston*, compuesto por su hija, Mrs. Barwell-Carter.

Estas cartas forman un volumen de más de 500 páginas y están dirigidas principalmente a naturalistas. Figuran entre los destinatarios P. J. Selby, el ornitólogo; Joshua Alder, de Newcastle, coautor del libro *The British Nudibranchiate Mollusca*; William Thompson, de Belfast, que murió demasiado joven y no pudo publicar más que los primeros volúmenes de su proyectada historia

FIGURA 1 – *Fotografía del Dr. George Johnston, tomada hacia el fin de su vida.*

natural de Irlanda; el Reverendo David Landsborough, de Saltcoats (Ayrshire), autor de *Excursions to Arran* y de varios libros sobre biología marina; Charles William Peach, empleado por aquel tiempo en la oficina de Aduanas de Fowey; y algunos naturalistas de la localidad, como James Hardy y Archibald Hepburn. Intercaladas con éstas, aparecen otras cartas de Johnston a sus editores, W. H. Lizard, de Edimburgo, y John Van Voorst, de Londres, incluyéndose también algunas de los últimos años, dirigidas a Mrs. Alfred Gatty, autora de las *Parables of Nature* y de muchos libros para niños, que compartía su interés por la historia natural de las algas marinas.

Casi todos los naturalistas británicos contemporáneos aparecen mencionados en esa correspondencia. Aunque Mrs. Barwell-Carter recopiló las cartas, fueron preparadas para su publicación por James Hardy, en aquel tiempo Secretario Honorario del Club, quien aumentó grandemente el valor del libro con sus notas informativas, referentes a casi todas las personas citadas. Cartas y notas juntas constituyen una espléndida cantera de información sobre los naturalistas británicos y sus actividades entre 1830 y 1853.

El Club de Naturalistas de Berwickshire, primera sociedad provincial de su clase en Gran Bretaña, fué fundado en 1831, «con el propósito de examinar la Historia Natural y las Antigüedades del condado y sus distritos adyacentes, y proporcionar a todos los que estuvieren interesados en estos objetos la oportunidad de aprovechar la mutua ayuda y cooperación». Hubo inicialmente once miembros, y Johnston fué el fundador y el primer presidente. Las cartas no tratan de la fundación del Club, pero sus actividades ulteriores reciben frecuente mención. Johnston tenía una visión muy clara sobre las funciones de tales sociedades. En una carta dirigida a Joshua Alder, declina el ofrecimiento de un mero catálogo de nombres de moluscos locales, «puesto que yo creo — dice — que la principal misión de las sociedades provinciales consiste en proveer a sus miembros de los medios de investigar la historia natural de su proprio distrito, sin enviarlos a otros institutos o museos».

En 1834, envía el relato completo de una reunión a un miembro que había estado ausente. «Se leyó — dice — una memoria de William Baird sobre los entomostracos de Berwickshire. Baird conoce ya en Berwickshire más especies regionales

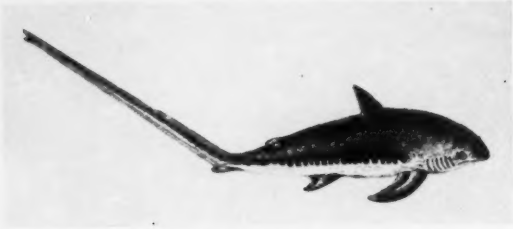


FIGURA 2 – *Tiburón de larga cola. Ilustración de una descripción de Johnston de un ejemplar capturado en Berwick en* 1846, *publicada en la* History of the Berwickshire Naturalists' Club.

FIGURA 3 – *Anémona de mar,* Bolocera tuediae (*Johnston*), *descrita* (*como* Anthea tuediae) *en* A History of the British Zoophytes.

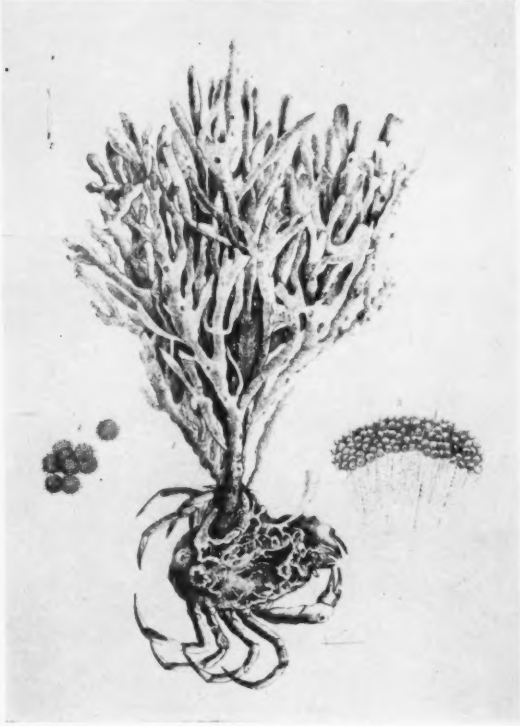


FIGURA 4 – *Esponja creciendo en la espalda de un cangrejo marino. Ilustración de* A History of British Sponges and Lithophytes.

de estas curiosas criaturas que las enumeradas hasta ahora como británicas, y la memoria, cuando quede terminada, promete ser de extraordinario interés. . . . Yo presenté entonces algunas aves, peces e insectos, que han sido recogidos últimamente en Berwickshire. . . . Figuró entre las aves el falaropo gris. Embleton nos trajo de nuevo los cangrejos y langostas costeños, nombrándolos con arreglo a mi colección, en la que hay seis especies más que en su lista, y aportando una linda especie de *Galathea* que me parece nueva. . . . Yo exhibí entonces una colección de conchas bivalvas de la costa, y leí una memoria sobre ellas. . . .»

Las cartas, con sus descripciones de aquellas reuniones y de los estudios y discusiones sobre ejemplares de todas clases, prueban claramente que Johnston y sus contemporáneos iban explorando la fauna y la flora locales y descifrando la identidad de animales y plantas que hoy nos son familiares. Constantemente añadían nuevas especies a sus listas locales, edificando de este modo el conocimiento acerca de la naturaleza y distribución de las especies británicas, que fué la especial contribución a la ciencia de los naturalistas de comienzos del siglo XIX.

No se da en ellos la preocupación de la evolución biológica. *El Origen de las Especies* no se publicó hasta cuatro años después de fallecido Johnston, el cual pensaba, sin duda, que todas las formas de vida habían sido originadas por un Creador infinitamente bueno y sabio. Johnston era un definidor de especies y un observador de sus hábitos y su distribución, pero no conocía la anatomía comparada. En varias ocasiones en que quiso solicitar cargos docentes comprendió que su ignorancia de las estructuras internas era un obstáculo. El mismo nos confiesa: «Recibí las enseñanzas de una escuela anterior y, aun en el caso de que pudiese igualar a mis maestros, no es probable que logre elevarme sobre ellos». Ciertamente, Johnston no realizó ningún descubrimiento importante, pero supo apreciar debidamente los de otros investigadores. Después de trabajar intensamente para confirmarlos, aceptó la descripción hecha por Grant sobre las corrientes de agua

en las esponjas y el descubrimiento de Vaughan Thompson, revolucionario en su tiempo, de que los cirrípedos no eran moluscos sino crustáceos.

Johnston escribió cinco libros: una de las primeras *Flora of Berwick* (1829–1931); *A History of British Zoophytes* (1ª edición, 1838; 2ª edición, 1847); *A History of British Sponges and Lithophytes* (1842); *An Introduction to Conchology* (1850) y, finalmente, *The Natural History of the Eastern Borders*, de la que sólo apareció el primer volumen, referente a la botánica, en 1853. Ninguno de ellos es de gran importancia, aunque el libro sobre los zoófitos fué el primero publicado sobre ese tema después del de John Ellis en 1755. El libro de Johnston representa un puente entre el de Ellis y los volúmenes posteriores de Gosse, Allman, Hincks y, más recientemente, Stephenson. Hoy, la sección más interesante es el capítulo sobre la historia de la zoofitología. El libro sobre conquiliología fué elogiado por Edward Forbes, e incluso traducido al alemán, pero no es más que una interesante recopilación sobre las conchas y sus habitantes. *The Natural History of the Eastern Borders* estaba llamada a ser su obra maestra, y es lástima que sólo quedara terminado el primer volumen, el cual está lleno de interesantes informaciones locales. El Club publicó y sigue publicando su *History*, dirigida en su día por Johnston, el cual fué también codirector de una *Magazine of Zoology and Botany* de breve vida, que se fundió con los *Annals and Magazine of Natural History*, que aún se siguen publicando.

No hay duda, sin embargo, de que el nombre de Johnston será recordado, principalmente, por su relación con la fundación de la *Ray Society*. La primera mención sobre ella en la *Correspondence* aparece en una carta dirigida a James Hardy, con fecha 20 de febrero de 1843. Pero pronto empieza a escribir a todos sus amigos sobre este tema, rogándoles que le ayuden a interesar a otros. Después de exponer las dificultades para publicar libros sobre historia natural a un precio razonable, escribe: «Yo vengo deseando desde hace tiempo el establecimiento de una *Ray Society*, con una cuota anual de una o dos libras esterlinas, para imprimir libros ilustrados, originales y antiguos, sobre la Historia Natural de la Gran Bretaña». Y más tarde, en una carta dirigida con no poca pasión a William Thompson, escribe que, con la formación de esta sociedad, «veré investigados los rincones olvidados de nuestra fauna y nuestra flora. . . . La Historia Natural es un buen estudio y muy saludable, cuya sustancia ha favorecido durante mucho tiempo solamente a los ricos. . . . Porque yo soy pobre es por lo que solicito la fundación de un *Ray Club*».

En la nota necrológica sobre Sir William Jardine, publicada en la *History* del Club de Naturalistas de Berwickshire, del que fué presidente algún tiempo, se concede cierto mérito por la fundación de la *Ray Society* a su yerno Hugh Strickland. Este ayudó a Johnston a repartir circulares y a conseguir miembros. Se esperaba reunir 500, pero, después de su optimismo inicial, Johnston pasó por un período de desilusión. Esta era infundada, puesto que en abril de 1844, Johnston pudo anunciar la inauguración de la *Ray Society*. En septiembre del mismo año, la sociedad «había adquirido mayor robustez. Ultimamente ha crecido mucho, y tenemos en prensa un gran volumen que estará listo en Navidad».

En realidad, fué tal el interés que despertó su entusiasmo, que en el primer año se enrolaron más de 500 miembros. Johnston había realizado un importante y duradero servicio a la causa de la historia natural. Durante los 111 años transcurridos desde su fundación, la *Ray Society* ha publicado unos 140 volúmenes, tratando de todos los aspectos de la historia natural británica, desde los protozoos hasta las ballenas y desde el liquen hasta los gorgojos y los cirrípedos. Muchas de estas monografías figuran en primera línea entre las similares de todos los idiomas. El más alto número de miembros de la sociedad (868) fué alcanzado a los cinco años de su fundación, decayendo desde entonces lentamente, hasta llegar a menos de 200 en los años entre las dos guerras mundiales. El peligro de que la sociedad tuviera que disolverse durante la última guerra se evitó, afortunadamente, gracias a generosas donaciones, especialmente de la Imperial Chemical Industries Limited. El número de socios ha aumentado desde entonces, y pasa hoy de los 400.

Después de establecerse en Berwick, Johnston abandonó muy raras veces su hogar. En 1853 escribe: «Durante los 35 años que he pasado en Berwick no he tenido seis semanas de vacaciones en todo, aunque, en realidad, podría decir que mi vida ha sido una gran vacación». La estimación en que se le tenía se revela en el hecho de que fué concejal durante largo tiempo y tres veces alcalde. Johnston gustaba ciertamente de esas ocupaciones; pero con lo que más gozaba probablemente era con las reuniones del Club por él fundado y con sus excursiones. Johnston falleció en 1855.

Los compuestos orgánicos de los metales

W. WARDLAW y D. C. BRADLEY

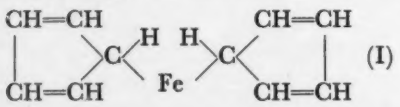
Mientras los compuestos organometálicos, últimamente objeto de intenso estudio, tienen interés principalmente teórico, los compuestos organosilícicos, a los cuales dedicó Kipping 40 años de investigación, han llegado a tener recientemente gran interés comercial debido a sus propiedades físicas. Un estudio reciente de los ortoésteres y alcóxidos de los metales raros ha revelado algunos aspectos poco corrientes que pueden tener importancia industrial.

La gran importancia de los compuestos organomagnesianos fué reconocida por Grignard en el año 1900. Un uso poco corriente del reactivo de Grignard es la preparación del hidrocarburo aromático difenilo, obtenido por la acción del bromuro de fenilmagnesio sobre el cloruro férrico anhidro:

$$6C_6H_5MgBr + 2FeCl_3 = 2Fe + 3MgBr_2 + 3MgCl_2 + 3C_{12}H_{10} \text{ (difenilo).}$$

Kealy y Pauson [1] utilizaron este método para preparar el hidrocarburo fulvaleno ($C_{10}H_8$) y descubrieron un curioso compuesto nuevo que contenía solamente carbono, hidrógeno y hierro. Por reacción entre el cloruro férrico y el bromuro de ciclopentadienil-magnesio, esperaban obtener diciclopentadienilo ($C_{10}H_{10}$) como paso intermedio para su meta. En su lugar obtuvieron un compuesto de hierro, color naranja y soluble en éter, con un punto de fusión de 172,5–173° y la fórmula $Fe(C_5H_5)_2$. Tenía una gran estabilidad química, siendo necesaria para descomponerlo la acción del ácido nítrico concentrado. Un trabajo ulterior reveló [2] que se volatilizaba sin descomposición dando un vapor monomérico, no disociado, que obedecía a las leyes de los gases perfectos aún a 400°.

Wilkinson, Rosenblum, Whiting y Woodward [4] encontraron que el compuesto era diamagnético y sin apreciable momento dipolar. Además examinaron su espectro de absorción y concluyeron que la sustancia contenía solamente un tipo de enlace C—H en oposición a la estructura (I) propuesta por Kealy y Pauson:



Sugirieron la estructura que muestra la Fig. 1, opinión que ha quedado confirmada por los estudios con rayos X [5]. Ulteriores investigaciones [4] descubrieron que el compuesto se oxidaba fácilmente en solución, dando un brillante catión azul $[Fe(C_5H_5)_2]^+$ que, aislado, resultó ser tetraclorogalato cristalino.

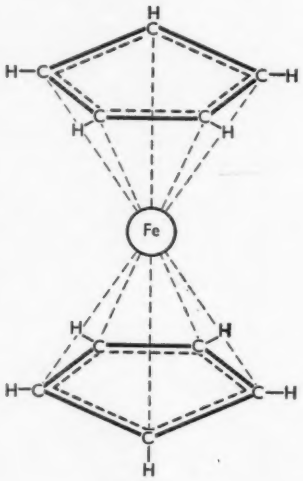


FIGURA 1

El compuesto participaba en la reacción de Friedel-Crafts [6], quedando sustituído el hidrógeno de los anillos sin afectar al átomo metálico:

$$Fe(C_5H_5)_2 + 2CH_3COCl \xrightarrow{Al_2Cl_6} Fe(C_5H_4.COCH_3)_2 + 2HCl.$$

Esta elegante demostración del carácter aromático del bis-ciclopentadienilo condujo a la denominación de «ferroceno» para el compuesto. Entonces la atención se dirigió a la preparación de derivados análogos de otros metales de transición. En el espacio de dos años, Wilkinson y sus colaboradores en la Universidad de Harvard y Fischer y sus colaboradores en Munich prepararon derivados ciclopentadienílicos de la mayoría de los metales de transición. Se dan algunos ejemplos de estos compuestos en la Tabla 1.

Además de los anteriores compuestos, han sido preparados otros análogos de indeno, tales como $Fe(C_9H_7)_2$, $[Co(C_9H_7)_2]^+$, y $Ni(C_9H_7)_2$. La Tabla muestra que la formación de derivados bis-ciclopentadienílicos estables parece una propiedad específica de los metales de transición.

En la molécula de ferroceno, la distancia interatómica de los átomos de carbono en los anillos es 1,4 Å, de acuerdo con las sustancias aromáticas en general. Para el ferroceno y otros derivados metálicos del bis-ciclopentadienilo es característica la absorción en el infrarrojo a 3,27 μ, que corresponde a un único estiramiento del enlace C—H típico de los sistemas aromáticos. Esto sugiere que todos los compuestos que figuran en la Tabla I tienen la misma estructura. Las medidas magnéticas [8] han proporcionado valiosa información sobre la disposición electrónica en estas nuevas sustancias. Muchas de ellas, tales como $Fe(C_5H_5)_2$ y $[Co(C_5H_5)_2]^+$ son diamagnéticas, pero otras, por ejemplo $[Fe(C_5H_5)_2]^+$ son paramagnéticas, conforme con la presencia de un único electrón sin pareja. $[V(C_5H_5)_2]^+$, $Cr(C_5H_5)_2$, y $Ni(C_5H_5)_2$ son paramagnéticas y los resultados indican la existencia de dos electrones sin pareja en cada ión o molécula.

Las medidas del calor de combustión del ferroceno y del níquel bis-ciclopentadienilo [9] indican que el compuesto de níquel tiene menos estabilidad termodinámica.

En estos sistemas metal-orgánicos los metales de los grupos IVA y VA todavía conservan propiedades «transicionales».

Una propiedad común de los cationes de bis-ciclopentadienilo es la formación de sales insolubles con aniones como el picrato, ferrocianuro y silicotungstato.

Los métodos desarrollados para la preparación de los compuestos de bis-ciclopentadienilo pueden clasificarse en cuatro grupos:

1. Reacción de haluros metálicos o acetilacetonatos con haluro de ciclopentadienil-magnesio o ciclopentadienil-sodio [4], *v.g.*:

$$TiCl_4 + 2NaC_5H_5 \rightarrow Ti(C_5H_5)_2Cl_2 + 2NaCl.$$

2. Reacción de un complejo metálico aminado, con litio, sodio o potasio ciclopentadienilo en amoníaco líquido, seguido de disociación térmica del metal-amino-ciclopentadienilo [11], *v.g.*:

$$Co(NH_3)_4(SCN)_2 + 2KC_5H_5 \xrightarrow{NH_3\ Liq.} Co(NH_3)_4(C_5H_5)_2 + 2KSCN.$$

$$Co(NH_3)_4(C_5H_5)_2 \xrightarrow{Calor} Co(C_5H_5)_2 + 4NH_3.$$

3. Reacción del hierro con el ciclopentadieno [3]:

$$Fe + 2C_5H_6 \xrightarrow{375^\circ} Fe(C_5H_5)_2 + H_2.$$

4. Wilkinson [7, 9] ha informado sobre un método que comprende la reacción en fase vapor entre un metal-carbonilo y ciclopentadieno. Los carbonilos de cromo, hierro, cobalto y níquel pueden ser transformados en sus bis-ciclopentadienilos neutros, *v.g.*: $Cr(CO)_6$ a $Cr(C_5H_5)_2$. En los casos de carbonilos de molibdeno y tungsteno fueron aislados los notables ciclopentadienil-carbonilos *v.g.*:

$$2Mo(CO)_6 + 2C_5H_6 \rightarrow C_5H_5Mo(CO)_5MoC_5H_5 + CO, \text{ etc.}$$

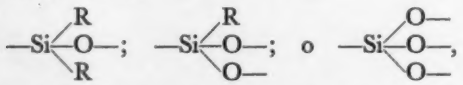
Ciertos descubrimientos anteriores en el campo de la química de los compuestos organometálicos, plantearon problemas relacionados con la teoría de la valencia, lo cual ha ocurrido asimismo con los metal-bis-ciclopentadienilos. Las configuraciones electrónicas de estos compuestos han revelado claramente las limitaciones de las teorías

TABLA I

Grupo				
IV *A*	V *A*	VI *A*	VII *A*	VIII *A*
$Ti(C_5H_5)_2$ $Ti(C_5H_5)_2^+$ $Ti(C_5H_5)_2X_2$ (X = F, Cl, Br ó I) $Ti(C_5H_5)_2(OH)Br, H_2O$ $Zr(C_5H_5)_2Br_2$	$V(C_5H_5)_2^+$ $V(C_5H_5)_2X_2$ (X = Cl ó Br) $Nb(C_5H_5)_2Br_2$ $Nb(C_5H_5)_2(OH)Br_2$ $Ta(C_5H_5)_2Br_2$	$Cr(C_5H_5)_2$ $C_5H_5Mo(CO)_5MoC_5H_5$ $[(C_5H_5)_2Mo^{IV}Cl][Cr(CNS)_4(NH_3)_2]H_2O$ $Mo(C_5H_5)_2Cl_2$ $[(C_5H_5)_2Mo^{V}Cl_2]_2[PtCl_6]$ $[(C_5H_5)_2W^{V}Cl_2]_2[PtCl_6]$	$Mn(C_5H_5)_2$	$Fe(C_5H_5)_2$ $Fe(C_5H_5)_2^+$ $Ru(C_5H_5)_2$ $Ru(C_5H_5)_2^+$ $Co(C_5H_5)_2$ $Co(C_5H_5)_2^+$ $Rh(C_5H_5)_2^+$ $Ir(C_5H_5)_2^+$ $Ni(C_5H_5)_2$ $Ni(C_5H_5)_2^+$

corrientes, pero este hecho actuará sin duda como un estímulo [8, 12].

Los nuevos compuestos que acabamos de estudiar han tenido hasta ahora solamente interés teórico. Sin embargo, los compuestos orgánicos de silicio, a los cuales dedicó su atención Kipping desde 1899 a 1939, son ahora de extensa aplicación industrial. En ningún momento pudo considerar Kipping que los materiales por él preparados llegarían a tener valor comercial [13]. Sin embargo, en los años anteriores a 1940, los investigadores norteamericanos se interesaron en la posibilidad de producir comercialmente algunos productos considerados por Kipping como de escaso valor, formándose en 1943 una compañía para la manufactura de compuestos orgánicos de silicio. Recientemente se ha puesto en marcha en Inglaterra una nueva industria basada en estos notables compuestos químicos: las siliconas. El nombre fué utilizado al principio para designar compuestos de fórmula empírica R_1R_2SiO, ya que se esperaba fueran análogos a las cetonas R_1R_2CO. Esta fórmula empírica puede referirse a un infinito número de compuestos y, en general, ahora se aplica el término silicona para todos los compuestos organosilícicos que tengan por lo menos un grupo Si—O—Si. Las siliconas están formadas por polímeros de cadenas, anillos o cadenas de eslabones cruzados en los cuales la unidad que se repite puede ser



donde R es un grupo alquilo o arilo. Las metilsiliconas son las más importantes [14, 15]. El modo de formación de las siliconas puede ser comprendido mejor si consideramos el mecanismo de hidrólisis de los tres tipos clave de los compuestos organosilícicos: R_3SiX, R_2SiX_2 y $RSiX_3$, donde R es un grupo alquilo o arilo y X es cloro o etoxi.

El trimetilclorosilano, $(CH_3)_3SiCl$, es fácilmente hidrolizado, dando un silanol inestable, $(CH_3)_3SiOH$, el cual se condensa formando un producto estable, $(CH_3)_3Si—O—Si(CH_3)_3$, que hierve a 99,5°:

$$(CH_3)_3SiCl + H_2O \rightarrow (CH_3)_3SiOH + HCl$$
$$2(CH_3)_3SiOH \rightarrow (CH_3)_3Si\text{–}O\text{–}Si(CH_3)_3 + H_2O.$$

Los triarilclorosilanos pueden ser transformados en triarilsilanoles. Estos compuestos, *v.g.*:

$$(C_6H_5)_3SiOH$$

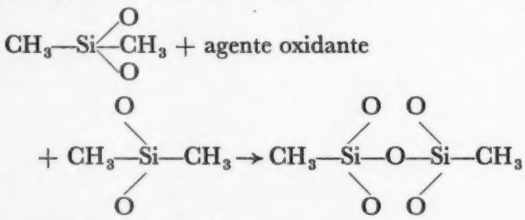
(p.f. 150–151,5°), son relativamente estables y se pueden aislar fácilmente. La estabilidad de los enlaces carbono-silicio en los compuestos organosilícicos y del grupo siloxano Si—O—Si explica la estabilidad de las siliconas.

La hidrólisis de $(CH_3)_2SiCl_2$ conduce a la formación del dimetilsilanodiol $(CH_3)_2Si(OH)_2$, que es muy inestable. También en este caso los derivados arílicos, tales como $(C_6H_5)_2Si(OH)_2$ (p.f. 148°) son mucho más estables que los compuestos alquílicos. La ecuación siguiente indica el tipo de condensación que puede ocurrir:

$$2(CH_3)_2Si(OH)_2 \rightarrow$$
$$HO.(CH_3)_2Si—O—Si(CH_3)_2OH + H_2O.$$

La hidrólisis de $RSiX_3$ conducirá evidentemente a productos complejos y, en general, al final se obtienen productos sólidos duros y quebradizos. Variando las proporciones entre las sustancias intermediarias de la reacción y las condiciones de hidrólisis se puede, sin embargo, obtener una amplia serie de siliconas, incluyendo líquidos movibles no volátiles, grasas de gran viscosidad y resinas duras y quebradizas. Los productos pueden ser modificados ulteriormente por tratamiento químico. Por ejemplo, por la acción del cloruro férrico o de aluminio, los polímeros lineales se transforman en geles de tipo caucho que después entrecruzan eslabones por oxidación con peróxidos orgánicos.

Se supone que el proceso de oxidación lleva consigo la eliminación de grupos metilos permitiendo el intercambio de eslabones



+ productos de oxidación.

El más notable desarrollo de la química del silicio en estos últimos años es el descubrimiento [16] de un método para preparar compuestos intermedios organosilícicos directamente con silicio y haluros alquílicos. En esta síntesis directa, el vapor del haluro de alquilo o arilo pasa sobre una mezcla de silicio y plata o cobre, finamente dividida y caliente. Se forman así varios alquil o aril-clorosilanos. Cuando se utiliza cloruro de metilo con una mezcla de silicio y cobre a temperaturas entre los 250–280° se forma principalmente CH_3SiCl_3 (p.e. 66°) y $(CH_3)_2SiCl_2$ (p.e. 70°), junto con una pequeña cantidad de $(CH_3)_3SiCl$

(p.e. 57,6°) y CH_3SiHCl_2 (p.e. 42°). La separación de estos compuestos es un problema difícil debido a sus próximos puntos de ebullición; además, las sustancias son inflamables, tóxicas y corrosivas.

En general, lo que ha determinado el uso especial de las siliconas ha sido el conjunto de sus propiedades físicas poco corrientes. Los polímeros del dimetilsiloxano

$$(CH_3)_3Si—O—[Si(CH_3)_2—O]_n—Si(CH_3)_3,$$

son flúidos incoloros, que van desde los movibles y volátiles hasta compuestos de cadena larga de alta viscosidad. El caucho de silicona sobrepasa a otros materiales elásticos en su resistencia al calor y a la oxidación; su elasticidad se mantiene en el gran intervalo de temperatura de −90° a 250°. La propiedad más notable de una silicona flúida es su bajo coeficiente de viscosidad en relación con la temperatura. Este comportamiento sugiere que las fuerzas intermoleculares en las siliconas son anormalmente débiles, punto de vista que se confirma por la baja tensión superficial y alta compresibilidad de las siliconas. Por otra parte, las siliconas repelen fuertemente el agua, y esta propiedad, combinada con su carácter dieléctrico y su estabilidad térmica, abre a las siliconas un amplio campo de utilización en las industrias eléctricas. Para las dimetilsiliconas poliméricas la constante dieléctrica se aproxima al valor límite de 2,82 al aumentar la longitud de la cadena del polímero ($n > 500$). Estos flúidos tienen una alta resistencia disruptiva, de 100–120 kV por cm a 0,25 mm de espesor y 200 kV por cm a 2,5 mm de espesor. La resistividad es alta (10^{14} ohmios. cm) y permanece sensiblemente constante hasta 200°. Además, los factores de potencia son bajos y no están afectados apreciablemente por la temperatura o la frecuencia del campo eléctrico aplicado. Estos factores de potencia varían de 0,0001 a 10^3 Hertz hasta 0,0006 a 10^8 Hertz. El rendimiento de los aisladores cerámicos y de vidrio aumenta mediante la aplicación de un revestimiento de silicona líquida, la cual evita la formación de una capa de agua coherente bajo condiciones de alta humedad. Las siliconas líquidas protegen la superficie de diferentes materiales contra las adherencias y se aplican mucho como agentes separadores del molde en las fundiciones metálicas. La capacidad de las películas de siliconas para repeler el agua ha sido utilizada en la impermeabilización de telas y encerado de muebles y vehículos.

Las siliconas flúidas son esencialmente polímeros lineales, pero mediante un cierto grado de intercambio de eslabones se obtienen las siliconas grasas. Los investigadores han encontrado que éstas son muy útiles para la lubricación de las llaves y uniones de vidrio en los sistemas de alto vacío (10^{-6} mm de Hg). Las resinas de siliconas resisten a la oxidación, a la luz ultravioleta y a los humos de industrias químicas. El material de albañilería, cemento y ladrillo se hacen más duraderos si se tratan con estas resinas.

El descubrimiento de las notables propiedades de las siliconas ha estimulado la investigación sobre los compuestos orgánicos de elementos afines. El germanio, plomo y estaño forman derivados alquílicos y arílicos, pero no se han señalado hasta hoy productos análogos a las siliconas. Recientemente se anunció la preparación de compuestos alquílicos y arílicos inestables de titanio [17].

A través de este artículo se ha dirigido la atención a derivados orgánicos de elementos en los cuales el elemento va directamente unido al carbono. Podemos mencionar un grupo de sustancias conocidas como ortoésteres o alcóxidos, en los cuales la unión con el átomo central se hace a través del átomo de oxígeno en el radical OR, donde R es metilo, etilo, etc. Sustancias como los ésteres de silicio y de titanio, $Si(OR)_4$ y $Ti(OR)_4$, encuentran extensa aplicación industrial y presentan una química fascinante. En años recientes se ha hecho un detallado estudio de una amplia serie de los alcóxidos metálicos y los resultados son de un interés poco frecuente [18].

Aunque el silicio y el titanio son miembros de la misma familia de elementos, muestran marcadas diferencias en sus reacciones y en las de sus compuestos. La reacción entre el tetracloruro de silicio y el alcohol tiene lugar de acuerdo con la ecuación:

$$SiCl_4 + 4EtOH \rightarrow Si(OEt)_4 + 4HCl.$$

El tetracloruro de titanio, por otra parte, se transforma, en las mismas condiciones, en

$$Ti(OEt)_2Cl_2.EtOH,$$

que es estable aun después de prolongada ebullición con alcohol. La preparación del ortoéster implica la reacción entre el tetracloruro de titanio y el alcohol en presencia de amoníaco anhidro:

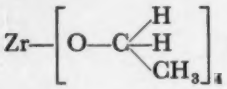
$$TiCl_4 + 4ROH + 4NH_3 = Ti(OR)_4 + 4NH_4Cl.$$

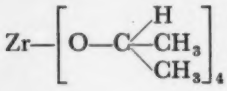
El ortotitanato de butilo se prepara comercialmente por este método y confiere a las pinturas excelentes propiedades de termoresistencia. El zirconio muestra relaciones importantes con el

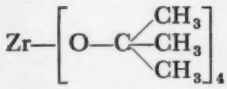
silicio y el titanio; pero se distingue por exhibir una covalencia de 8: la máxima covalencia del silicio y del titanio es 6. La alta covalencia del zirconio se refleja en el número y complejidad de sus compuestos. El etóxido de zirconio se forma cuando el alcohol y el tetracloruro de zirconio reaccionan en presencia de amoníaco:

$$ZrCl_4 + 4ROH + 4NH_3 \rightarrow Zr(OR)_4 + 4NH_4Cl.$$

Un carácter saliente de estos alcóxidos de zirconio es el aumento de volatilidad cuando el grupo alquílico pasa de primario a secundario y terciario. Así:


tiene un p.e. 180° (0,1 mm)


p.e. 160° (0,1 mm)


p.e. 50° (0,1 mm).

Aparece aquí que la volatilidad aumenta con el número de átomos en la molécula, lo cual es contrario a la experiencia normal. Puede demostrarse, sin embargo, que este comportamiento se debe a los más bajos alcóxidos que se hallan asociados.

Un estudio de los amilóxidos isómeros ha confirmado esta suposición. Los datos referentes a los amilóxidos de titanio y de zirconio figuran en la Tabla II, donde M = peso molecular (determinado ebulloscópicamente en benceno) y X = complejidad molecular o grado de polimerización (M/(peso fórmula)).

Es evidente, según la Tabla II, que la complejidad molecular y el punto de ebullición de un amilóxido de zirconio están determinados por el grado de ramificación de los grupos amilos. El mismo efecto se manifiesta, pero con menor alcance, con los amilóxidos de titanio. Estos datos se interpretan mejor sobre una base estereoquímica. Así, los alcóxidos de cadena lineal tienden a polimerizarse por unión intermolecular entre el átomo central y los átomos de oxígeno de los grupos alcóxidos. Esto es una consecuencia de la bien conocida expansión de covalencia que poseen el titanio y zirconio. La Fig. 2 interpreta una posible estructura de un alcóxido trimérico. Se ve fácilmente que la rotación de los grupos alcóxidos altamente ramificados excluye la formación de enlaces intermoleculares. Es digno de observar que este efecto de «escudo» resulta, en el caso de grupos amilóxidos terciarios, en la formación de un derivado monomérico de zirconio que hierve a una temperatura de tres grados por debajo del punto de ebullición del correspondiente compuesto monomérico de titanio. El que las sustancias de más alto peso molecular son las más volátiles, fué ulteriormente aclarado al descubrir que el amilóxido terciario de hafnio era más volátil que el compuesto de zirconio (Tabla III).

TABLA III

Compuesto	*P.e.* ° /0,1 *mm*	*Peso molecular*
$Ti[OC(CH_3)_2C_2H_5]_4$ ..	98	396,5
$Zr[OC(CH_3)_2C_2H_5]_4$ ..	95	439,8
$Hf[OC(CH_3)_2C_2H_5]_4$ ..	92	527,2

Investigaciones posteriores [19] han demostrado que el fenómeno no se limita a los alcóxidos metálicos.

TABLA II

Alcohol	*Alcóxido de titanio*			*Alcóxido de zirconio*		
	P.e./mm	*M*	*X*	*P.e./mm*	*M*	*X*
$CH_3.CH_2.CH_2.CH_2.OH$ ..	175/0,8	565	1,4	256/0,01	1428	3,2
$(CH_3)_2CH.CH_2.OH$ ..	148/0,1	490	1,2	247/0,1	1462	3,3
$(C_2H_5)(CH_3).CH.CH_2.OH$	154/0,5	422	1,1	238/0,1	1615	3,7
$(CH_3)_3C.CH_2.OH$	105/0,05	500	1,3	188/0,2	1051	2,4
$(C_2H_5)_2CH.OH$	112/0,05	399	1,0	178/0,05	868	2,0
$(C_3H_7)(CH_3)CH.OH$ ..	135/1,0	410	1,0	175/0,05	860	2,0
$(CH_3)_2CH.CH(CH_3).OH$ ..	131/0,5	415	1,0	156/0,01	870	2,0
$(CH_3)_2(C_2H_5).C.OH$ ..	98/0,1	405	1,0	95/0,1	455	1,0

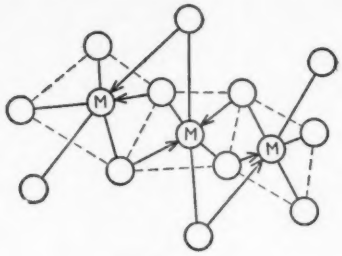


FIGURA 2

La teoría estereoquímica presentada para dar razón de las propiedades físico-químicas de los alcóxidos de titanio, zirconio y hafnio supondría que el grado de protección que necesita un metal está determinado por su radio atómico. Así, según la Tabla II el titanio necesita menos que el zirconio, de acuerdo con lo cual sería de esperar que la necesidad del torio excedería a la del zirconio. Y en verdad esto es lo que se encontró, porque el torio dió un butóxido terciario complejo y un amilóxido terciario complejo en contraste con los complejos monoméricos análogos de titanio, zirconio y hafnio. Con el torio fué necesario preparar los derivados de trietilcarbinol $(C_2H_5)_3C.OH$ o metil-etil-*iso*propilcarbinol para poder obtener compuestos monoméricos. El hecho de que la protección requerida dependa del radio del átomo central, está revelado en forma clara en la Tabla IV, donde están expresados los puntos de ebullición (0° a 0,1 mm de presión) y las complejidades moleculares (en paréntesis) de una serie de compuestos.

TABLA IV

Atomo central ..	*Ti*	*Zr*	*Th*
Radio atómico (Å) ..	1,36	1,48	1,65
Alcóxido:			
$CH_3.CH_2.O$ ..	102(2,4)	180(3,4)	No volátil
$(CH_3)_2.CH.O$ ..	49(1,4)	160(3,0)	210(3,8)
$(CH_3)_3.C.O$ ..	52(1,0)	50(1,0)	160(3,4)
$(CH_3)_2(C_2H_5)C.O$	98(1,0)	95(1,0)	200(2,8)
$(CH_3)(C_2H_5)_2C.O$	128(1,0)	128(1,0)	148(1,8)
$(C_2H_5)_3C.O$ ..	166(1,0)	166(1,0)	154(1,0)

Estos alcóxidos monoméricos de torio son mas volátiles que cualquier otro derivado de este elemento. Parece posible que estos derivados volátiles de los metales puedan tener aplicaciones industriales importantes en aquellos casos en que se requiere alta pureza.

REFERENCIAS

[1] KEALY, T. J. y PAUSON, P. L. *Nature, Lond.*, **168**, 1039, 1951.

[2] KAPLAN, L., KESTER, W. L., y KATZ, J. J. *J. Amer. chem. Soc.*, **74**, 5531, 1952.

[3] MILLER, S. A., TEBBOTH, J. A., y TREMAYNE, J. F. *J. chem. Soc.*, 632, 1951.

[4] WILKINSON, G., ROSENBLUM, M., WHITING, M. C., y WOODWARD, R. B. *J. Amer. chem. Soc.*, **74**, 2125, 1952.

[5] EILAND, P. F. y PEPKINSKY, R. *Ibid.*, **74**, 4971, 1952.
FISCHER, E. O. y PFAB, W. *Z. Naturf.*, **7b**, 377, 1952.
DUNITZ, J. D. y ORGEL, L. E. *Nature, Lond.*, **171**, 121, 1953.

[6] WOODWARD, R. B., ROSENBLUM, M., y WHITING, M. C. *J. Amer. chem. Soc.*, **74**, 3458, 1952.

[7] WILKINSON, G. *Ibid.*, **76**, 209, 1954.

[8] Para las referencias clave consúltese: COTTON, F. A. y WILKINSON, G. *Z. Naturf.*, **9b**, 453, 1954.

[9] WILKINSON, G., PAUSON, P. L., y COTTON, F. A. *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 1970, 1954.

[10] WILKINSON, G. y BIRMINGHAM, J. M. *Ibid.*, **76**, 4281, 1954.

[11] FISCHER, E. O., SEUS, D., y JIRA, R. *Z. Naturf.*, **8b**, 692, 1953.

[12] MOFFITT, W. *J. Amer. chem. Soc.*, **76**, 3386, 1954.

[13] KIPPING, F. S. *Proc. roy. Soc.*, **159A**, 193, 1937.

[14] HARDY, D. V. N. y MEGSON, N. J. L. *Quart. Rev. chem. Soc., Lond.*, **2**, 25, 1948.

[15] ROCHOW, E. G. «An Introduction to the Chemistry of the Silicones», John Wiley and Sons Inc., Nueva York. 1951.

[16] PATNODE, W. I. y ROCHOW, E. G. *J. Amer. chem. Soc.*, **67**, 963, 1945.

[17] HERMAN, D. F. y NELSON, W. K. *Ibid.*, **75**, 3877, 1953.
Idem. Ibid., **75**, 3882, 1953.

[18] BRADLEY, D. C. y WARDLAW, W. *J. chem. Soc.*, 280, 1950.
BRADLEY, D. C., MEHROTRA, R. C., y WARDLAW, W. *Ibid.*, 2027, 1952.
Idem. Ibid., 4204, 1952.
Idem. Ibid., 5020, 1952.
BRADLEY, D. C., MEHROTRA, R. C., SWANWICK, J. D. y WARDLAW, W. *Ibid.*, 2025, 1953.
BRADLEY, D. C., SAAD, M. A., y WARDLAW, W. *Ibid.*, 3488, 1954.

[19] BRADLEY, D. C. *Nature, Lond.*, **174**, 323, 1954.

La contribución de la petrología a los estudios arqueológicos en la Gran Bretaña

F. S. WALLIS

Hace dos años nos referimos ya en una editorial (*Endeavour*, **12**, 59, 1953) a las crecientes aportaciones de las diversas ciencias a los estudios arqueológicos. En la Gran Bretaña, esta cooperación ha quedado notablemente fortalecida gracias a la formación de un Comité especial del Consejo de Arqueología Británica, que tiene como objetivo la coordinación de la aplicación de las investigaciones científicas. En el presente artículo, el Dr. Wallis describe algunos valiosos resultados, obtenidos mediante la aplicación de la petrología a la arqueología, que han determinado por ejemplo la ubicación de las antiguas factorías de hachas y el conocimiento de las rutas comerciales por las que fueron distribuídos esos utensilios prehistóricos.

En toda valoración de las contribuciones de la petrología a los estudios arqueológicos, las cuidadosas y originales investigaciones de H. H. Thomas [1] sobre el origen de los megalitos de Stonehenge ocuparán siempre un lugar prominente. Otros estudios anteriores habían avanzado ya inspiradas hipótesis, pero fué Thomas quien demostró el gran valor de la precisión investigatoria. Su inequívoca identificación por métodos petrológicos del origen de las piedras azules de Stonehenge (Wiltshire) en los Montes de Presely (Pembrokeshire) suministró a los arqueólogos una base firme para sus investigaciones sobre los procedimientos de transporte de las ingentes rocas y sobre otros problemas relacionados con la construcción y finalidad de tan famoso monumento.

Diez años más tarde, un grupo de museos del sudoeste de Inglaterra estableció un comité para investigar la procedencia de las rocas usadas por el hombre neolítico y de la Alta Edad del Bronce para fabricar sus instrumentos y especialmente sus hachas de piedra. Se han publicado tres informes [2] de los trabajos realizados, que, como indicaremos más adelante, han probado ser de tal valor que de una actividad regional dichos trabajos han pasado a ser una empresa nacional.

En 1938, F. J. North [3] resumió las ventajas que para la arqueología suponía el exacto conocimiento de los materiales, presentando notables ejemplos de problemas cuya solución se debía al conocimiento de las rocas. Más recientemente, W. J. Arkell [4] ha escrito un valioso libro sobre la procedencia de los materiales usados en los antiguos edificios de Oxford, investigación que ha servido de estímulo a trabajos similares en otras localidades. En particular, E. M. Jope [5] ha realizado brillantes investigaciones arquitectónicas y económicas que han probado claramente el valor fundamental de una exacta identificación petrológica.

Son pues variadísimas las interrelaciones de la arqueología y la geología, y, en un amplio sentido, complementarias entre sí para la elucidación de los fascinantes problemas que plantea la historia del hombre sobre la Tierra.

PETROLOGIA DE LOS YACIMIENTOS PREHISTORICOS

Antiguamente los arqueólogos no prestaban atención a la estructura geológica sólida sobre la que descansaban los yacimientos investigados, aunque sí describían las gravas y otros depósitos superficiales. Gradualmente, estos métodos han ido cambiando y hoy no se considera completa una excavación si no se ha determinado la estructura geológica del área investigada y el carácter petrológico de todos los hallazgos de piedra y cerámica. Ejemplo interesante es el de Pany-y-Saer[1] (Anglesey) [6] donde C. W. Phillips halló entre los restos de habitaciones de los siglos II–IV d. de J.-C. fragmentos de una cerámica basta pero interesante. Al investigar mineralógicamente dichos fragmentos se probó sin lugar a duda que el material procedía de arcillas glaciales locales. Se pudo comprobar asimismo que aquellos remotos alfareros habían usado las arcillas de los sedimentos de la Era Glaciar Superior — que en Anglesey existen en dos variedades: azules o gris-parduzcas

[1] Para la situación de éste y otros lugares mencionados consúltese la Fig. 1.

FIGURA 1

y rojas — deduciéndose así petrológicamente que al preparar la pasta final mezclaban dos arcillas locales, hecho de considerable importancia social y económica.

En Norteamérica también se han desarrollado investigaciones de este tipo [7], estudiándose en la actualidad la posibilidad de examinar delgadas secciones de cascos de cerámica, en vez de aislar los minerales pesados. El estudio de secciones delgadas ha producido valiosos datos sobre la cantidad de material de temple añadido a la arcilla y sobre las temperaturas alcanzadas en la cocción.

En algunas estaciones arqueológicas, el carácter de las rocas subyacentes ha revelado información sobre el agua de que disponían los habitantes. Asimismo, las observaciones geológicas han conducido a interesantes deducciones sobre el enclavamiento original de habitaciones y fortificaciones.

EXAMEN DE LAS HACHAS DE PIEDRA

En un principio, los arqueólogos se interesaban sólo en la forma y posición estratigráfica de los hallazgos. Pero desde hace ya bastantes años se viene insistiendo en la importancia del examen petrológico de numerosos especímenes de colecciones, tanto públicas como privadas, para procurar sobre todo conocer las líneas generales de la distribución de tales hachas, y deducir así datos más amplios y exactos de las primitivas rutas comerciales y otros factores de importancia social y económica en la época neolítica y Alta Edad del Bronce. Afortunadamente, el material no falta, pues durante la última mitad del siglo XIX se conservaron en gran número como ornamentos, creyéndolas amuletos o «piedras del rayo». Mayor dificultad presenta la natural oposición de sus propietarios a que tales objetos puedan sufrir deterioro alguno. La investigación macroscópica rara vez produce resultados, ya que la talla,

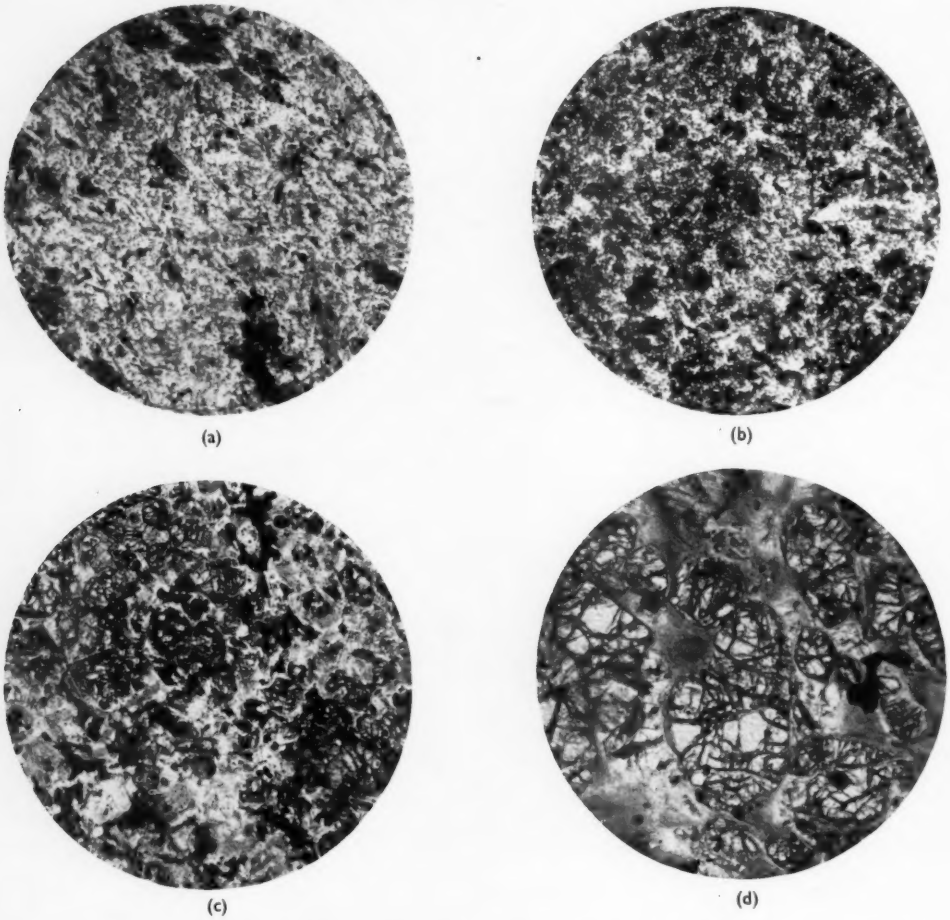


FIGURA 2 – *Microfotografías en luz natural de secciones de hachas, con las rocas correspondientes para su comparación.* (a) *Hacha del Grupo VII, de Avebury* (*Wiltshire*). (b) *Roca de Graig Lwyd.* (c) *Hacha del Grupo XII, de Rollestone* (*Wiltshire*). (d) *Roca de Cwm-mawr* (*Montgomeryshire*). (todas × 18)

(Fotografías de J. Rhodes, E. Seavill y F. W. Shotton.)

pulimento y patinado del ejemplar durante su manufactura y con posterioridad a ella ha hecho por lo general desaparecer toda característica relevante. Es pues esencial que el petrólogo pueda realizar un examen microscópico de una delgada sección de la piedra. Para ello se ha desarrollado una técnica que consiste en cortar una pequeña esquirla laminar y darle luego el espesor necesario. La pequeña cavidad que queda en la piedra se rellena con yeso y se colorea, de modo que el aspecto del objeto no varía, aunque se ha obtenido de él la máxima información petrológica y, por lo tanto, arqueológica.

Se han examinado de este modo muchos centenares de hachas. La evidente dificultad de determinar de inmediato la procedencia de las piedras hizo que las hachas se clasificasen en grupos un tanto arbitrarios pero bien definidos, de los cuales se han reconocido ya diecisiete, siendo probable que dicho número aumente con el de los investigadores que se dedican a estos estudios de gran especialización e interés.

Los Grupos I a IV son glauconitas de diversos tipos. El I es una roca bien definida en la que las influencias atmosféricas producen una superficie áspera: técnicamente puede llamarse un gabbro uralitizado. En esta roca, la augita, a veces ligeramente ofítica, se presenta en placas incoloras o algo pardas que muestran variable alteración hacia la hornablenda fibrosa y verde. La presencia

de este anfíbol secundario explica la notable dureza de tales hachas. Los feldespatos (probablemente albitas) presentan gran alteración y se hallan atravesados por cantidades variables de agujas de actinolita. La ilmenita es el principal mineral secundario. Todo geólogo conoce la gran variabilidad de la glauconita, aun dentro de un pequeño afloramiento; por lo tanto la gran uniformidad que caracteriza este grupo de hachas indica que los que las fabricaron deben de haber recogido las piedras en un área muy reducida. Por desgracia, el punto de procedencia de esta roca está todavía por descubrir, aunque se ha hallado una de composición muy similar en Gear Rock, Mount's Bay (Cornualles). En un estudio de las pruebas aducidas para la submergencia de la Gran Bretaña meridional, Glyn Daniel asevera que en la época megalítica la costa se hallaba donde hoy el mar alcanza una profundidad de 10 m. Es por tanto probable que el punto de procedencia de las hachas del importante Grupo I — que comprende más del 10% de todas las examinadas — se encontrase en Mount's Bay. Los productos de tal factoría son muy variados tipológicamente, siendo la originalidad en la forma característica de esta relativamente importante empresa industrial de la época neolítica.

Las hachas del Grupo II son más bien pocas, pero su lugar de origen puede señalarse con toda confianza en una estación de la costa entre Lay Point y St. Ives. El Grupo III es también reducido y procede de un lugar cercano: la cantera de Trenow, Marazion, también en Cornualles. En los alrededores hay varias escarpaduras en las que una investigación sistemática resultaría seguramente en el descubrimiento de indicios de una factoría.

El Grupo IV se ha localizado a base de datos petrológicos en Balstone Down, Callington (Cornualles). La roca de que están fabricadas tales hachas se reconoce fácilmente en secciones delgadas como una tremolita cizallada con clorita e ilmenita. Esta era una factoría relativamente pequeña que producía en general hachas normales, pero mostraba cierta tendencia a especializarse en grandes hachas con extremos delgados y casi puntiagudos.

El Grupo V tiene escasa importancia, pero el VI contiene hachas que antes se suponía eran fabricadas solamente en Stake Pass (Distrito de los Lagos), aunque ahora se sabe que son características de un área más extensa: Great Langdale. La piedra es una toba epidótica de composición básica o intermedia perteneciente al Ordovicense (serie volcánica de Borrowdale). B. Bunch y Miss C. Fell [8] han descrito gráficamente esta importante factoría, cuyo foco se encontraba en las laderas pedregosas del Pike of Stickle. Como en Graig Lwyd y en Tievebulliagh Hill, cerca de Cushendall, Antrim (Irlanda), de que tratamos luego, lo que atrajo a los primitivos trabajadores de la piedra eran los cantos sueltos que les servían de materia prima. Puesto que no se han hallado hachas pulimentadas en la estación, es evidente que en Great Langdale sólo se hacía el desbastado, llevándose a cabo el acabado en uno de los establecimientos más permanentes, como el de Ehenside Tarn. Las hachas del Pike of Stickle fueron vendidas en una región muy amplia, ya que se han hallado ejemplares en Cumberland, en los Midlands, en el sudoeste de Escocia, en la Isla de Man y en el Condado de Antrim (Irlanda), así como en el extremo sur de Inglaterra. Como en las demás factorías, las rutas de comercio se extendían a lo largo de las costas y ríos.

Una factoría bien determinada en las escarpaduras de Graig Lwyd, en las laderas septentrionales que hacen frente al mar en Penmaenmawr (Norte de Gales), produjo las hachas del Grupo VII. La roca es una augita granófira (Fig. 2) de gran dureza; se esquirla bien, produciendo buenas protuberancias de percusión y fracturas concoídeas bastante lisas. Las rutas de distribución de dichos instrumentos indican la llegada de los mismos a Wiltshire a través de la región central. Un reducido pero interesante subgrupo, VIIA, cuya roca es similar, pero no idéntica, al granófiro de Graig Lwyd parece ser, según demostración de P. R. Giot, el equivalente exacto de su Grupo Bretón A. Los ejemplares británicos proceden de Bournemouth, Southampton, Tewkesbury y las Islas del Canal, indicando así un tráfico comercial con Francia a través de la Mancha desde los puertos de la costa meridional inglesa. Desgraciadamente, el lugar de origen del Grupo Bretón no se ha localizado exactamente: todo lo que podemos decir es que procede del macizo armoricano.

Los Grupos VIII y XI pueden describirse petrológicamente como tobas riolíticas silificadas, aunque su exacta diferenciación es todavía debatible. Los datos conocidos parecen indicar que el lugar de procedencia son los afloramientos de rocas volcánicas llanvirianas (Ordovicense) de la Isla de Ramsey y de una cantera en tierra firme cerca de Mountjoy (Pembrokeshire), según sugiere Mrs. J. Morey [9] para el Grupo VIII; y para el XI, el distrito de Great Langdale. La hipótesis

primera ha recibido recientemente apoyo al encontrarse un hacha del Grupo VIII en la Isla de Caldy, aunque P. R. Ritchie [10] se opone por razones tipológicas.

Los canchales de Tievebulliagh Hill son el lugar de procedencia del Grupo IX. Es una roca dura, veteada, negroazulada con motas más obscuras, de aspecto de pedernal y con fracturas esquirladas. Recibe el nombre de porcelanita y es un compuesto de una espinela obscura y un aglomerado de finos granos de silimanita y mullita. E. M. Jope [11] ha descrito las factorías en detalle, mostrando que además de la conocida en Tievebulliagh había otra en la Isla de Rathlin. Como en el caso de Great Langdale y de Graig Lwyd parece que en estas dos factorías irlandesas sólo se hacía el desbastado de los instrumentos, pero como fuera de Antrim sólo se han encontrado hachas pulidas de este grupo, parece que se pulían allí antes de enviarlas a Gran Bretaña.

El Grupo XII tiene especial interés, ya que puede relacionarse definitivamente con una reducida región en Cwm-mawr, al sur de Corndon Hill (Montgomeryshire) [12]. Esta factoría se especializaba en grandes hachas-martillos perforadas, tipo que a veces se encuentra en el Grupo I. La roca es una picrita (Fig. 2) de composición definida, la cual sólo se encuentra en Gran Bretaña, pareciendo segura su identificación con el reducido afloramiento de Cwm-mawr. La distribución de estos utensilios es más densa al oeste de la región central de Inglaterra, concentrándose en Cwm-Mawr, pero llegando también hasta Avebury (Wiltshire) y Otterton (Devon). La identificación del punto de procedencia de esta roca en un foco tan reducido podrá quedar confirmada mediante excavaciones en la estación de la factoría. Desde un punto de vista petrológico y topográfico, F. W. Shotton considera que ésta debía encontrarse en la ladera sudeste de la colina, lugar agradable, de reducidas dimensiones y con terreno llano inmediatamente debajo, que parece muy apropiado para la instalación de los talleres.

El Grupo XIII contiene hachas fabricadas con roca de los afloramientos de Carn Meini y Cerrig Marchogian en los Montes de Presely (Pembrokeshire). Es una piedra bella y distintiva, con motas feldespáticas blancas o rosadas, usada también para la albañilería en Stonehenge y que se encuentra asimismo en forma de hachas y hachas-martillos en regiones tan alejadas como Antrim, Gales, Windmill Hill en Wiltshire y Sidmouth en Devon. Desgraciadamente, la locación exacta de la factoría nos es todavía desconocida.

Recientemente se han establecido cuatro grupos nuevos. La característica petrológica esencial del XIV es una hornablenda pleocróica en grandes manchas, que puede tener buenos perfiles, aunque frecuentemente es ofítica. También contiene augita, feldespato plagioclásico turbio, apatita, esfene y piritas. El grupo parece ser idéntico a una camptonita de Griff, cerca de Nuneaton (Warwickshire). F. W. Shotton, además de determinar el Grupo XIV, ha identificado una serie de hachas, clasificadas como Grupo XV y fabricadas con un tipo especial de grauvaca. Se trata de una roca de sedimentación sericítica y clorítica.

Los Grupos XVI y XVII comprenden dos glauconitas distintas. La primera se caracteriza por la presencia de considerables cantidades de hornablenda en forma de grumos de agujas verdes entrecruzadas, a veces con una ordenación paralela. Parece ser idéntica a glauconitas de la región de Camborne (Cornualles). Las hachas del Grupo XVII son de una roca en la que aparecen formando un mosaico de láminas de feldespato cristalizado claro; entre esas láminas hay capas de hornablenda fibrosa y parduzca que a veces se anuda obligando a que el feldespato se curve y adquiera una estructura augénica. En la masa de hornablenda hay granos uniformes de magnetita que dan a la roca un aspecto característico. Se encuentran rocas parecidas en la vecindad de Kenidjack Castle y otros lugares del Cornualles occidental.

Como se deduce de la contextura geológica de la Gran Bretaña, son las regiones del norte y oeste las que suministraron las duras rocas ígneas usadas en la fabricación de estos instrumentos prehistóricos; en las regiones del este y del sur se utilizaba principalmente el pedernal, como indican las minas de donde provenía la piedra. Es interesante notar que en un reciente estudio de algunas hachas de piedra de East Anglia, sólo se encontraron ejemplares de los grupos más difundidos: los procedentes de Graig Lwyd, Great Langdale y el Grupo I. Esos eran los más populares y, por consiguiente, su comercio llegó a puntos más distantes del país.

De estas intensas investigaciones, que en la actualidad se realizan en diversas partes de Gran Bretaña, surge lentamente un cuadro de las rutas comerciales usadas para la distribución económica de las armas e instrumentos prehistóricos; en dicho cuadro resalta la gran importancia de las rutas costeras y fluviales, aunque los productos de la factoría de Graig Lwyd eran transportados principalmente por los pasos de la región central.

Estos estudios indican la importancia de Avebury en la época neolítica como centro del comercio de esos utensilios, encontrándose en dicha región ejemplares de todas las factorías más importantes, e incluso de las secundarias. También se ha señalado el hallazgo de un instrumento de lava de Niedermendig (región del Rin), lo cual parece indicar un intercambio más bien espiritual que material, ya que es difícil suponer que pudieron haber tenido importancia comercial los productos locales de yeso y pedernal.

LA PETROLOGIA Y LA ARQUEOLOGIA MEDIEVAL

Queda pues claro el creciente valor de la petrología en el campo de los estudios arqueológicos prehistóricos, pero también comienza a reconocerse en las investigaciones sobre otros períodos la importancia de la exacta determinación del carácter petrológico de los materiales. Así, las pacientes identificaciones por W. J. Arkell [4] de los diversos tipos de piedra utilizada en Oxford han resultado muy valiosas para el estudio de las características construccionales de la región, hoy en rápido proceso de desaparición. Se ha podido así establecer que los distintos tipos de piedra procedían de determinadas canteras que han venido trabajando desde la Edad Media hasta nuestros días. Ello no sólo tiene interés histórico sino también práctico, pues está comprobado desde hace mucho tiempo que son mucho más satisfactorias estéticamente las reparaciones y restauraciones de los edificios cuando se usa piedra idéntica a la original, por muy buena y duradera que otra pueda parecer.

Se están llevando a cabo estudios similares en otros puntos. Por ejemplo, ahora se sabe que el granito utilizado en la reconstrucción de iglesias que durante los siglos XV y XVI tuvo lugar en Devon y Cornualles procedía de los cinco afloramientos existentes en el sudoeste de Inglaterra; por otra parte también se está aclarando el cuadro general de la distribución del mármol de Purbeck, fácilmente identificable.

En fecha reciente, E. M. Jope y G. C. Dunning [13] han realizado un estudio del uso de la pizarra azul para cubrir tejados durante la Edad Media en Inglaterra, combinando los datos documentales con los petrológicos. Los resultados, aunque todavía no definitivos, son interesantes e indican que, a excepción de una pizarra belga hallada en una aldea medieval abandonada (Hangleton), las tejas de pizarra de numerosos lugares medievales del sur de Inglaterra proceden de formaciones devonianas. No sólo ha sido posible establecer el lugar de las antiguas canteras, sino también determinar las rutas de transporte en la costa meridional, por ejemplo desde Fowey a Southampton. También se conocen las rutas que seguía la pizarra azul desde otros lugares en el oeste de Gran Bretaña, incluyendo Pembrokeshire y el norte de Gales, lo que indica un floreciente comercio costero. En líneas generales conocemos asimismo el carácter del comercio de exportación a Irlanda, Francia y los Países Bajos, indicando todo ello la utilidad que se puede derivar de una fructífera colaboración entre el petrólogo y el historiador de la economía.

En abril de 1954 se celebró en Londres una amistosa reunión de científicos y arqueólogos para determinar las modalidades de mutua ayuda. Dicha reunión condujo a la formación, en el mismo año, de un Comité de Investigaciones Científicas del *Council of British Archaeology*, encargado de coordinar y asesorar sobre la aplicación de las investigaciones científicas a la arqueología, siendo una de las funciones del Comité explorar la posibilidad de una máxima colaboración entre petrólogos y arqueólogos para el estudio en particular de las hachas de piedra.

Al preparar este artículo hemos hecho amplio uso de los trabajos de nuestros colegas y quisiéramos expresar aquí nuestro agradecimiento por la constante cooperación de Mr. E. D. Evens, Mr. E. M. Jope, Mrs. J. Morey, Prof. F. W. Shotton y Dr. J. F. S. Stone.

REFERENCIAS

[1] THOMAS, H. H. *Antiquaries J.*, **3**, 239, 1923.
[2] KEILLER, A., PIGGOTT, S., y WALLIS, F. S. *Proc. prehist. Soc.*, **7**, 50, 1941.
STONE, J. F. S. y WALLIS, F. S. *Ibid.*, **13**, 47, 1947; **17**, 99, 1951.
[3] NORTH, F. J. *Archaeol. J.*, **94**, 73, 1938.
[4] ARKELL, W. J.: «Oxford Stone.» Faber and Faber Limited, Londres. 1947.
[5] JOPE, E. M. *Berkshire Archaeol. J.*, **51**, 58, 1948–9.
[6] PHILLIPS, C. W. *Archaeol. Camb.*, **89**, 1, 1934.
[7] MATSON, F. R. *Bull. Amer. ceram. Soc.*, **20**, 451, 1941.
[8] BUNCH, B. y FELL, C. *Proc. prehist. Soc.*, **15**, 1, 1949.
[9] MOREY, J. *Ibid.*, **16**, 191, 1950.
[10] RITCHIE, P. R. *Ibid.*, **19**, 230, 1953.
[11] JOPE, E. M. *Ulster J. Archaeol.*, **15**, 31, 1953.
[12] SHOTTON, F. W., CHITTY, L. S., y SEABY, W. A. *Proc. prehist. Soc.*, **17**, 159, 1951.
[13] JOPE, E. M. y DUNNING, G. C. *Antiquaries J.*, **34**, 209, 1954.

La magnetización permanente de las rocas

S. K. RUNCORN

Los residuos fósiles vegetales y animales que se hallan en las rocas sirven para indicar las condiciones climáticas reinantes durante su formación. De manera semejante, el magnetismo remanente de ciertas rocas ígneas y sedimentarias nos revela el campo geomagnético existente en el tiempo en que se formaron. El estudio de tales rocas muestra las reversiones que tal campo magnético ha sufrido en el curso del tiempo. Aun es desconocida la causa de tal fenómeno, para explicar el cual se han presentado como hipótesis el desplazamiento continental en los últimos tiempos del Mesozoico y la desviación polar. El autor del presente artículo prevé la próxima solución de este problema.

Los únicos minerales comunes capaces de magnetizarse permanentemente son los óxidos de hierro; los principales son las titanomagnetitas y la hematita. Las primeras son soluciones sólidas de magnetita (Fe_3O_4) y ulvoespinela (Fe_2TiO_4). En esta serie desciende el punto de Curie (más allá del cual desaparece el ferromagnetismo) y disminuye la magnetización de saturación cuando la proporción de titanio aumenta; el punto de Curie de la magnetita pura es 575°c, pero desciende a 220°c si la proporción molecular de ulvoespinela es de 50%. La hematita (α-Fe_2O_3) tiene un punto de Curie de 675°c, y una magnetización de saturación de unas 0,5 u.e.m./g, comparado con 92 u.e.m./g para la magnetita pura. La hematita forma soluciones sólidas con la ilmenita ($FeTiO_3$) que son ferromagnéticas. La maghemita (γ-Fe_2O_3) posee una reticulación cúbica similar a la de la magnetita y es intensamente ferromagnética, pero como es inestable a temperaturas ligeramente superiores a 300°c es probable que fuera principalmente el resultado de la oxidación de la magnetita a consecuencia de la acción de los agentes atmosféricos sobre las rocas.

Estos óxidos de hierro no resultan fáciles de estudiar mediante las técnicas petrológicas corrientes, puesto que son opacos incluso en secciones delgadas; por lo tanto la diversidad de su composición sólo se ha conocido recientemente. Otra complicación se debe a que hay estructuras en las que se han separado de las soluciones sólidas láminas de un componente; éstas pueden formar intercrecimientos, de dos composiciones distintas, de espesores desde algunos micrones. Con el microscopio metalúrgico estos intercrecimientos pueden observarse en la superficie pulida de los granos de mineral, especialmente si se tratan con agua fuerte. Sin embargo, la estructura y textura de los minerales de óxido de hierro, que forman una reducida proporción de los materiales estudiados, tienen importancia considerable para quienes se interesan en el magnetismo remanente de las rocas, por lo que puede ser esencial el estudio de detalle.

Parece haber dos procesos mediante los que pueden magnetizarse tales minerales. Si un conjunto de granos no magnetizados, más allá del punto de Curie, se enfría dentro de un campo magnético, incluso uno tan débil como el terrestre (0,5 gauss), los granos pueden adquirir una magnetización correspondiente a una fracción considerable de su magnetización de saturación. Esta magnetización termo-remanente (M.T.R.) aparece porque inmediatamente debajo del punto de Curie la fuerza coercitiva es solamente de una fracción de un gauss. Con tal que el tamaño de los granos no sea ni demasiado grande ni demasiado pequeño, la fuerza coercitiva a temperaturas ordinarias es grande: 50 gauss para la magnetita pura y varios millares de gauss para la hematita. La M.T.R. una vez adquirida por una roca es estable, debido a que las rocas no están sometidas a campos magnéticos intensos ni a temperaturas elevadas. El segundo proceso según el cual tales granos pueden quedar magnetizados se funda en el hecho de que, a temperaturas ordinarias, varios óxidos de hierro pueden adquirir una apreciable magnetización isotérmica remanente (M.I.R.) debido a la prolongada influencia del campo geomagnético. Thellier y Rimbert [1] han demostrado que la M.I.R. se destruye más fácilmente que la M.T.R. mediante desmagnetización por una corriente alterna.

Si una roca está magnetizada en la misma dirección que el campo geomagnético actual, puede ser debido a que o bien el campo tenía la misma dirección en la época de formación de la roca o bien la roca ha adquirido una M.I.R.

apreciable durante los últimos centenares de miles de años. En el último caso, la roca se considera magnéticamente inestable y es distinta de aquellas que han conseguido «fosilizar» el campo geomagnético existente en la época de su formación. En la actualidad no hay una prueba infalible para la inestabilidad, pero es aconsejable excluir las rocas con una reducida fuerza coercitiva o con un punto de Curie bajo, así como aquellas que son litológicamente similares a las rocas que se sabe son inestables.

En principio no es difícil probar que la M.T.R. es causa del magnetismo natural observado en una roca. La magnetización natural debería decaer al calentar la roca, en forma exactamente igual a la M.T.R. dada a otra muestra de la misma roca mediante su enfriamiento desde más allá del punto de Curie en el campo geomagnético. Este es un importante método para investigar cuál de los óxidos de hierro está presente, ya que la reducción del magnetismo es lo suficientemente rápida inmediatamente debajo del punto de Curie para permitir la determinación de la temperatura con mucha exactitud. No obstante, es una lástima que no sólo pueda haber perdido una roca natural parte de su magnetismo como consecuencia de su envejecimiento, sino también que el campo geomagnético pueda tener hoy una intensidad muy diferente de la que tenía en la época de la formación de la roca. Por lo tanto los experimentos de calentamiento pueden dar solamente una prueba cualitativa en apoyo de la suposición del origen termo-remanente del magnetismo. El problema quizá sea más considerable; al calentar pueden tener lugar en los minerales opacos cambios que alteren su composición y los puntos de Curie. En tal caso no podremos obtener ninguna prueba sobre la naturaleza del proceso inicial de magnetización.

Parece, sin embargo, que una M.T.R. intensa y estable explique probablemente el magnetismo natural de todas las rocas que nos interesan en el presente estudio. Las rocas de la corteza terrestre fueron formadas ya directamente por el enfriamiento del magma en fusión, resultando las rocas ígneas, o por sedimentación y subsiguiente consolidación y cementación de los fragmentos de erosión de otras rocas, formando sedimentos que por lo común están definidamente estratificados. Tanto las rocas ígneas como las sedimentarias pueden sufrir un considerable cambio bien por la presión y altas temperaturas cuando están profundamente enterradas, o bien por acción química. La magnetización de tales rocas metamórficas no ha sido bien estudiada todavía, ya que su historia es evidentemente compleja. Cuanto más retrocedamos en el tiempo geológico, más cabe esperar que hallaremos estratos que han perdido su magnetismo original y han sufrido una remagnetización total o parcial siguiendo nuevas direcciones.

MAGNETIZACION DE LAS ROCAS IGNEAS

En el presente estudio, los ejemplos más interesantes de rocas ígneas son quizás las lavas, que afloran frecuentemente de las grietas de la superficie. Si son basálticas — y por lo tanto de reducida viscosidad — pueden correr sobre grandes distancias, quizás a lo largo de decenas de kilómetros, y formar capas de espesor notablemente uniforme, a veces hasta de diez metros de grueso. En algunos lugares, las erupciones sucesivas de lava caracterizan el paisaje, como en la región del Río Columbia en el noroeste de los Estados Unidos, y en Islandia. En tales regiones se observa una serie de rocas claramente definidas que no sólo deben haber adquirido la M.T.R., sino que además forman una secuencia cronológica cuyos intervalos inter-eruptivos varían desde unos años hasta varias decenas de millares.

En una serie de mediciones de los basaltos terciarios de Islandia [2], se halló que algunos grupos de lavas están magnetizadas según la misma dirección del campo geomagnético actual, mientras que otros grupos lo están en la dirección exactamente opuesta. Tal magnetización normal e invertida también se ha observado en los basaltos del Río Columbia [3] y en los del Macizo Central francés [4], todos ellos de la época terciaria.

Se habían observado ya anteriormente ejemplos aislados de magnetización invertida. En particular se sabía, gracias a los estudios magnéticos, que muchos «diques» (paredes de magma solidificado que fueron antes grietas a través de las cuales había manado la lava fundida) consistían de materiales inversamente magnetizados. La Fig. 2 muestra un ejemplo de un dique que se levanta a través de flujos horizontales de lava en los basaltos del Río Columbia. El gran sistema de diques de Pilansberg en Sudáfrica y los diques de toleíta del norte de Inglaterra están también inversamente magnetizados [5, 6].

La interpretación de estos resultados ha sido causa de muchas controversias. Quienes han estudiado las rocas en cuestión no encuentran razón para dudar de que, en general, la magnetización invertida proviene de un campo geomagnético invertido existente en la época en que se

enfrió la lava. El hecho de que aparezcan varias inversiones en la serie de lavas antes mencionadas se interpreta como indicación de que las inversiones del campo geomagnético pueden ocurrir a intervalos de tiempo irregulares, del orden de varios centenares de millares hasta varios millones de años.

Blackett [7] ha dicho que esta explicación de la magnetización invertida es «obvia». Por otra parte, Néel [8] opina que la teoría del campo geomagnético excluye las inversiones. En efecto, hace pocos años que la idea de las inversiones del campo geomagnético principal ha sido considerada por los físicos como probable explicación de la magnetización invertida. El desarrollo de nuestros conceptos sobre los procesos que ocurren en el interior de la tierra ha influído no poco sobre el de nuestras ideas acerca del campo geomagnético. Tales nociones tienen dos aspectos. La Tierra posee un núcleo líquido de unos 3400 km de radio; los cambios relativamente rápidos del campo geomagnético, indicados por la variación de la declinación magnética en Europa durante los últimos quinientos años parecen indicar que existen movimientos del flúido del núcleo, probablemente resultado de una inestabilidad térmica. El efecto giroscópico de la rotación de la Tierra es un factor dominante en la simetría de tales movimientos, y resulta en la coincidencia del eje magnético con el eje de rotación de la Tierra cuando los efectos de la variación secular se promedian entre varios millares de años. Sin entrar a fondo en la teoría del campo geomagnético principal, es evidente que sobre tal base no podemos atribuir ningún significado fundamental a su polaridad. En verdad, todos los esfuerzos para dar una explicación satisfactoria del campo ponen en evidencia que el campo dipolar exterior es secundario y mucho menor que el llamado campo toroidal, cuyas líneas de fuerza permanecen dentro del electroconductivo interior de la Tierra.

Sin embargo, se ha intentado varias veces explicar la magnetización anómala atribuyéndola a las poco corrientes propiedades de los minerales de óxido de hierro más bien que a la inversión del campo magnético. Néel [8] ha demostrado que existen cuatro posibilidades. Dos procesos son aplicables a las rocas ígneas y se relacionan con el proceso según el cual la magnetización se produce al enfriarse la roca. Si los minerales de óxido de hierro consisten de dos fases ferromagnéticas distintas, como en el caso de los intercrecimientos antes indicados, y si una fase A posee un punto de Curie más elevado que la fase B, es posible que cuando se alcance ese punto de Curie entonces B se estará enfriando en un campo invertido por el «campo de retorno» del material A ya magnetizado. Si A tiene un coeficiente de temperatura de magnetización inferior al de B, es posible que la magnetización invertida de B sea predominante a temperaturas ordinarias. Nagata [9], al parecer, ha hallado dos rocas volcánicas que se comportan de esta manera, pero un examen cuidadoso de los basaltos antes indicados no ha revelado en ellos tales propiedades. El segundo proceso sugerido por Néel depende del imperfecto antiferromagnetismo de los óxidos de hierro. Debido a las fuerzas de intercambio mecano-cuánticas, los momentos magnéticos de los átomos en un volumen de hierro están alineados en paralelo y en el óxido ferroso en antiparalelo. Así el último material mencionado no tiene propiedades ferromagnéticas y no puede magnetizarse permanentemente. El ferromagnetismo de una sustancia tal como la magnetita es debido a una disposición antiparalela imperfecta de los momentos elementales, en la que los de un determinado signo preponderan sobre los de signo opuesto. Néel ha demostrado que en ciertos casos esta situación puede invertirse mediante un cambio de temperatura, habiéndose conseguido sintetizar una ferrita de litio que posee esta propiedad, aunque no se conoce ninguna roca natural que la tenga.

Los otros procesos indicados por Néel son aplicables tanto a las lavas como a los sedimentos, pero no han sido demostrados experimentalmente. Estos presuponen que los dos procesos indicados anteriormente pueden tener lugar a temperaturas ordinarias como consecuencia de cambios químicos o estructurales en los minerales de óxido de hierro, que solamente se producen durante el transcurso de millones de años.

Es posible que haya que tomar en consideración tales fenómenos en la interpretación de la magnetización invertida. Los procesos de Néel, sin embargo, parecen depender de coincidencias demasiado improbables para que pudieran ocurrir con frecuencia en la naturaleza. Además no se ha observado ninguna diferencia entre las propiedades magnéticas generales de los especímenes invertidos y normales.

LA MAGNETIZACION DE SEDIMENTOS

Para extender los conocimientos paleomagnéticos, especialmente los referentes a las épocas pre-terciarias, es necesario examinar el magnetismo remanente de sedimentos y de corrientes de lava. Se han llevado a cabo trabajos de esta naturaleza durante unos veinte años, pero sólo

FIGURA 1 (*arriba*) – *Areniscas rojas y esquistos de la formación de Supai (Pérmico) del Gran Cañón, Arizona.* (a) *Caliza de Kaibab;* (b) *Arenisca de Coconino;* (c) *Formación Supai (esquistos y areniscas);* (d) *Caliza de la formación Redwall.*

FIGURA 2 (*derecha*) – *Dique que corta a través de las corrientes horizontales de lava en los basaltos del Río Columbia, cerca de Redmond, Oregón.*

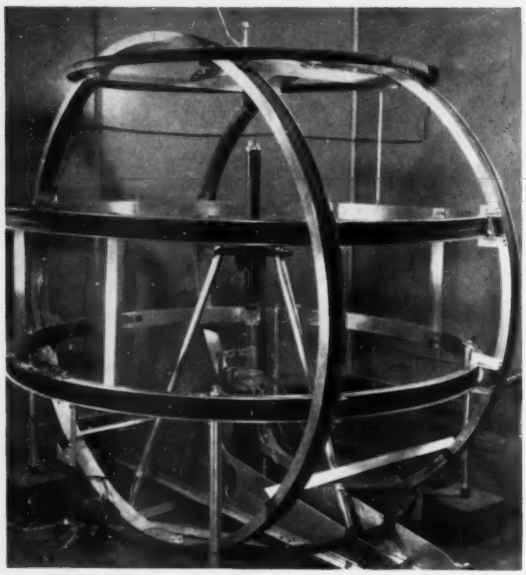


FIGURA 3 – *Magnetómetro astático, mostrando las bobinas de Helmholtz para eliminar las componentes horizontal y vertical del campo geomagnético, el magnetómetro y el soporte de la muestra.*

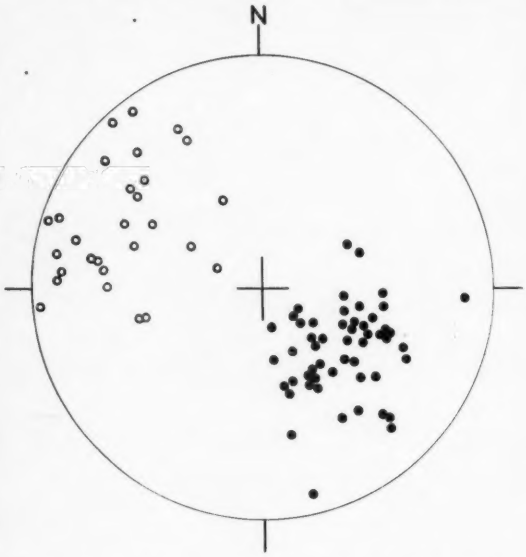


FIGURA 4 – *Direcciones de magnetización de las areniscas torridónicas. Círculos blancos = direcciones ascendentes; negros = direcciones descendentes.*

recientemente se ha conseguido obtener resultados interesantes y significativos. En general, la intensidad de magnetización de los especímenes de lava está entre 10^{-2} y 10^{-4} gauss, mientras que la de los sedimentos es menos de 10^{-4} gauss. La reducida proporción de óxidos de hierro en éstos no puede por si sola justificar tal diferencia, la cual debe por lo tanto deberse a que los granos de óxido de hierro tienen una intensidad de magnetización menor que los de las lavas, o a una mayor dispersión de las direcciones de magnetización. Los granos de óxido de hierro debieron de originarse en las rocas ígneas, en donde probablemente obtuvieron M.T.R. Cabe suponer que los procesos de erosión, acarreo y deposición que los granos debieron sufrir, así como los posibles cambios químicos redujeron también considerablemente tal magnetización. De todos modos, es de notar que si se calienta un sedimento más allá del punto de Curie y se vuelve a enfriar en el campo geomagnético, puede recibir una magnetización mil veces mayor que la suya natural. De momento podemos suponer que al depositarse el sedimento en aguas relativamente estancadas, los granos de óxido de hierro magnetizados giraron bajo la influencia del campo geomagnético ambiente, dando al sedimento una débil magnetización en la dirección del campo.

La Fig. 3 muestra el magnetómetro astático empleado en Cambridge para la medición de la magnetización de los sedimentos; es un desarrollo del magnetómetro astático construído por Blackett [10]. La muestra, en forma de un corto cilindro o disco, se eleva debajo del imán inferior del par astático y se observa la desviación. El proceso se repite haciendo girar el disco sucesivamente por medio de pequeños incrementos angulares. De esta manera se puede medir la componente de la magnetización en diferentes direcciones en el plano del disco. Si se corta el disco en la muestra de la roca de tal manera que su eje corresponda con lo que había sido la vertical cuando tuvo lugar la sedimentación, tales mediciones proporcionan la declinación paleomagnética. Un proceso más complicado permite igualmente medir la inclinación.

Las primeras series sedimentarias examinadas en la Gran Bretaña fueron las areniscas torridónicas del noroeste de Escocia que pertenecen al Pre-Cámbrico. Irving, del Departamento de Geodesia y Geofísica de la Universidad de Cambridge, tomó muestras de 63 localidades distribuídas sobre unos 110 km de la costa, para el examen de una fracción razonable de la sucesión, que tiene 3000 m de espesor. Las inversiones de la magnetización, que son tan características de las

corrientes de lava terciarias, se encuentran igualmente en esta serie de rocas. Las inversiones ocurren cada 30–600 m de la sucesión. Lo que esto representa en términos de tiempo geológico es, naturalmente, imposible de determinar, pero una velocidad media de sedimentación de 1 cm por año es probablemente una magnitud razonable. Se han encontrado 10 localidades en donde ocurren direcciones de magnetización completamente distintas de las de las otras 53 localidades. Estas distintas direcciones de magnetización parecen representar períodos durante los cuales el campo geomagnético sufría un proceso de inversión. Durante tal período de cambio no cabe esperar que el campo en la superficie de la tierra fuera un simple dipolo. Por lo tanto, la presencia de estas zonas oblicuas parece dar base a la hipótesis de las inversiones del campo geomagnético. La magnetización de estas rocas difiere de la de las rocas terciarias en que las direcciones forman un gran ángulo con las del campo actual; esto se indica en el estereograma de la Fig. 4.

PRUEBAS SOBRE LA ESTABILIDAD MAGNETICA

No existe una prueba directa de que la dirección de magnetización de los sedimentos indique la dirección del campo geomagnético en la época de su sedimentación. Es posible demostrar [11] que la magnetización no ha variado desde los tiempos primitivos de la historia de las rocas. La naturaleza proporciona dos pruebas de la permanencia de la magnetización adquirida durante la formación de las rocas. Primeramente, en los plegamientos y otros movimientos tectónicos, los estratos pueden moverse de tal forma que capas de formación contemporánea yacen durante largos períodos de la historia geológica con sus planos de estratificación ofreciendo distintos ángulos en las diferentes afloraciones. Si existe alguna tendencia de inestabilidad magnética en tales rocas, incluso sobre períodos demasiado largos para poder ser observados en el laboratorio, deberían magnetizarse parcial o totalmente en la dirección del campo magnético ulteriormente impuesto. En ese caso, las direcciones de la magnetización remanente hallada en las rocas hoy día se acercarían más a una configuración paralela que si su magnetización se hubiera producido durante su formación. La segunda prueba natural consiste en examinar el magnetismo remanente de guijas de conglomerados, procedentes por erosión de un estrato de roca. En la formación del lecho conglomerado, las guijas serán depositadas independientemente de la dirección de su magnetización, resultando por tanto la configuración de las direcciones de magnetización producto del azar. Tal distribución al azar debe persistir a menos que el material a partir del cual se formaron las guijas fuese magnéticamente inestable.

Las pruebas anteriores no excluyen la posibilidad de que la magnetización original haya tomado alguna dirección de preferencia dentro de las rocas. Puede suceder, por ejemplo, que las partículas de óxido de hierro de una forma determinada sean orientadas preferentemente por las fuerzas hidrodinámicas y por la gravedad durante su sedimentación. Es posible que tales partículas retengan su magnetización mejor que aquéllas de forma irregular, en cuyo caso la dirección de magnetización en la roca cambiaría gradualmente. Si estos efectos tienen lugar, son probablemente pequeños; pero se deben efectuar las correspondientes correcciones para tenerlos en cuenta. Quizás el argumento más convincente contra los mismos es la uniformidad de la magnetización hallada sobre grandes distancias en series, como en el Torridoniano. La fuerza de este argumento es mayor todavía cuando pueden compararse rocas ígneas y sedimentos de la misma época.

EXAMEN DE LA MAGNETIZACION DE LA COLUMNA GEOLOGICA

Se han realizado grandes progresos sobre la determinación de las direcciones de magnetización características de un número considerable de épocas geológicas. Creer, del Departamento de Geodesia y Geofísica de la Universidad de Cambridge, ha seleccionado areniscas rojas (del tipo que Irving halló eran estables en el Torridoniano) provinentes de diferentes épocas geológicas, encontrando que presentaban similar magnetización dentro de cada época. Estas direcciones, indicadas en la Tabla 1, están recogidas de un corto artículo [12]. Un examen completo de la nueva arenisca roja del Triásico [13] ha demostrado que estas rocas están magnetizadas uniformemente según un eje NO-SE. Se han encontrado aproximadamente el mismo número de magnetizaciones normales e invertidas.

Las areniscas rojas, compactas y de grano fino del tipo empleado generalmente en estos trabajos aparecen en muchas formaciones geológicas y se hallan bien expuestas en muchos niveles del Gran Cañón de Arizona (Fig. 1), en donde se realizan actualmente investigaciones.

TABLA I. *Dirección de magnetización de las areniscas rojas*

Período geológico	*Edad aproximada (millones de años)*	*Direcciones medias*		*Posición correspondiente de los polos geomagnéticos*
		Declinación	*Inclinación*	
PRE-CAMBRICO	600	N 56° O	− 38	N: Pacífico Central 130° O, 0° N
(Torridoniano)	—	S 69° E	+ 19	S: Cerca Etiopia 50° E, 0° N
PALEOZOICO Cámbrico ..	450	S 11° O	+ 41	N: Islas Marshall 170° E, 15° N S: Atlántico meridional 10° O, 15° S
Silúrico ..	350	S 25° O	− 16	N: Norte de Honshu, Japón 140° E, 40° N S: Atlántico meridional 40° O, 40° S
Devónico ..	300	N 34° E	+ 2	N: Cerca Kamchatka 155° E, 45° N
		S 18° O	− 2	S: Atlántico meridional 25° O, 45° S
Pérmico ..	200	S 19° O	− 9	N: Cerca Kamchatka 155° E, 45° N S: Atlántico meridional 25° O, 45° S
MESOZOICO Triásico ..	180	N 26° E	+ 28	N: Cerca Kamchatka 155° E, 48° N
		S 34° O	− 28	S: Atlántico meridional 25° O, 48° S
TERCIARIO Eoceno ..	60	S 14° O	− 60	N: Islas de Nueva Siberia 133° E, 76° N S: Antártica 47° O, 76° S

LA TRASLACION POLAR

Es evidente que se precisa una hipótesis unificadora que dé significado a tales variaciones de la declinación e inclinación paleomagnéticas. Si consideramos la situación existente en el Terciario, vemos que, a pesar de las frecuentes inversiones, la magnetización de las lavas permanece con una dirección muy parecida a la de un dipolo axial [14]. La paleontología moderna definitivamente indica que durante el Terciario no pudo tener lugar ningún apreciable cambio de posición del polo. Así, para poder explicar los resultados preterciarios, parece razonable suponer que el eje de rotación y el eje magnético han coincidido siempre, suposición que ha sido ya justificada teóricamente. Por lo tanto es necesario suponer que ha tenido lugar un movimiento tectónico con relación a los polos. Durante mucho tiempo, esta posibilidad fué considerada por los geólogos con objeto de explicar ciertas dificultades climatológicas y paleontológicas.

Debemos aclarar que existen dos posibilidades distintas. La deriva continental presume la separación de los continentes, mientras que la deriva polar no presupone ningún movimiento relativo de las masas terrestres, sino solamente un movimiento de la Tierra con relación a su eje de revolución en el espacio. La teoría moderna de la deriva continental fué originada por Wegener, que supuso que en los últimos tiempos de la era mesozoica se separaron los continentes después de haber estado agrupados en dos masas llamadas Laurasia y Gondwanalandia. Esta teoría parece explicar los siguientes hechos curiosos:

1. El parecido entre la costa occidental de Africa y la costa oriental de Sudamérica.
2. El supuesto parecido entre la fauna y la flora en aquellas partes de (*a*) Norteamérica y Europa, y (*b*) Sudamérica, Africa, India y Australia, que debieron de haber estado unidas bajo la forma de las dos masas continentales de Laurasia y Gondwanalandia.
3. Las glaciaciones del Pérmico y del Carbonífero, que fueron generales en toda Gondwanalandia.

La teoría de la deriva continental ha seducido a gran número de hombres de ciencia, y todos los coloquios sobre esta materia atraen gran atención. Sin embargo, no se funda sobre ninguna prueba geológica que no sea ambigua, y las razones geofísicas contrarias [15] no han sido controvertidas convincentemente. Su plausibilidad nace principalmente del atractivo concepto de considerar a los continentes como balsas flotantes sobre un estrato basáltico, como icebergs que flotan en el mar. Esta analogía tiene, no obstante, una falla fatal: la resistencia de estas balsas continentales es menor que la del substrato basáltico suboceánico. La gran popularidad de la teoría de la deriva continental parece ser debida a la idea de que debe ser más fácil mover los continentes que desplazar el eje de rotación de la Tierra.

Quizás la prueba geológica menos ambigua sobre las posiciones primitivas de las masas continentales sea la que puede deducirse partiendo de los climas primitivos. Pero al discutir esto en relación con las teorías anteriores, los geólogos parecen no admitir la posibilidad de la traslación polar. Las zonas climáticas mejor conocidas son las del Carbonífero. Durante la segunda mitad del siglo pasado se encontraron lechos de tilita — cantos rodados de greda característicos de las glaciaciones — en Australia del Sur, India, Sudáfrica, y Sudamérica. El de Australia es de la época pérmica, los de la India y Sudáfrica son permo-carboníferos y el glaciarismo de Sudamérica es del principio del Carbonífero. No se trata de glaciaciones contemporáneas, sino quizás separadas por millones de años. No obstante, se arguye con frecuencia que la traslación polar no puede explicar esta glaciación tan extendida y que debemos apelar a la idea de que estos cuatro continentes estuvieron unidos en una cierta época. En la misma época geológica se hallaban en su apogeo las grandes selvas hullíferas de Norteamérica, Europa, Rusia y China. En el Carbonífero Superior de dichos lugares se encuentran también los lechos de laterita y bauxita, que ahora se forman solamente en la zona tropical húmeda. Naturalmente, es posible que esos cambios climáticos hayan afectado a toda la Tierra y sean quizás resultado de fluctuaciones de la radiación solar. El establecimiento de la contemporaneidad geológica no basta para excluir de manera absoluta tal posibilidad.

Es interesante examinar los resultados de las mediciones sobre la magnetización de las rocas carboníferas. Belshé, del Departamento de Geodesia y Geofísica de la Universidad de Cambridge, ha demostrado recientemente que los estratos carboníferos de Derbyshire y Yorkshire están magnetizados con una inclinación reducida, como si hubieran sido magnetizados en un campo correspondiente a la faja ecuatorial. De manera parecida, Gough [16] ha demostrado recientemente que los diques de Pilansberg, cerca de Johannesburg, están magnetizados casi verticalmente, como si el norte magnético hubiera estado en Etiopia en el tiempo de su formación. Aunque la edad de estos diques es algo dudosa, son anteriores a los últimos tiempos del Carbonífero, pero probablemente posteriores al Ordoviciense.

REFERENCIAS

[1] THELLIER, E. y RIMBERT, F. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **239**, 1399, 1954.

[2] HOSPERS, J. *Proc. Acad. Sci. Amst.*, B, **56**, 467, 1953; **57**, 112, 1954.

[3] CAMPBELL, C. D. y RUNCORN, S. K. En preparación.

[4] ROCHE, A. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **236**, 107, 1953.

[5] GELLETICH, H. *Beitr. angew. Geophys.*, **6**, 337, 1937.

[6] BRUCKSHAW, J. M. y ROBERTSON, E. I. *Mon. Not. R. astr. Soc. geophys. Suppl.*, **5**, 308, 1949.

[7] BLACKETT, P. M. S., *Listener*, **52**, 1112, 1954.

[8] NÉEL, L. *Ann. Géophys.*, **7**, 90, 1951.

[9] NAGATA, T.: «Rock Magnetism». Maruzen, Tokío. 1953.

[10] BLACKETT, P. M. S. *Phil. Trans.*, A, **245**, 309, 1952.

[11] GRAHAM, J. W. *J. geophys. Res.*, **54**, 131, 1949.

[12] CREER, K. M., IRVING, E. y RUNCORN, S. K. *J. Geomagn. Geoelect., Kyoto.* En prensa.

[13] CLEGG, J. A., ALMOND, M. y STUBBS, P. H. S. *Phil. Mag.*, **45**, 583, 1954.

[14] HOSPERS, J. *Nature, Lond.*, **173**, 1183, 1954.

[15] JEFFREYS, H.: «The Earth». Cambridge University Press, Londres. 1952.

[16] GOUGH, D. I. Geophysical conference, Bernard Price Institute for Geophysical Research, University of the Witwatersrand. 1955.

Revista de libros

ASTRONOMIA

LOVELL, A. C. B.: *Meteor Astronomy.* XIV + 463 págs. Oxford University Press. Londres. 1954. 60s.

Los modernos métodos fotográficos y las espectaculares técnicas de los radioecos han revolucionado, desde la tercera década de este siglo, nuestro conocimiento sobre los meteoros. En el presente estudio, el autor, que es reconocida autoridad en la radioastronomía, presenta este notable período de transición y desarrollo en su auténtica perspectiva en relación con los largos y pacientes trabajos del pasado, forjando así un eslabón vital en la literatura técnica sobre los meteoros. Ya busque el lector datos sobre la técnica, ya una exposición crítica y lúcida del trabajo de determinados investigadores, o ya un estudio objetivo de los datos observados y de las actuales teorías sobre los meteoros, este libro, hoy y durante muchos años, ha de ofrecerle la más adecuada respuesta.

El carácter completo y detallado del tratamiento ha necesitado la total exclusión del estudio de los meteoritos y de la física de los meteoros. Estas cuestiones, que aunque no son parte estricta de la astronomía de los meteoros sí son parte de la interrogante que a la mente humana planteó la

observación de las «estrellas fugaces», merecen servir de tema a otro volumen que sirva de complemento al presente.

P. J. TREANOR

MOORE, Patrick: *Guide to the Planets.* 222 págs. Eyre and Spottiswoode (Publishers) Limited, Londres. 1955. 21s.

El presente estado de nuestros conocimientos sobre los planetas del sistema solar aparece adecuadamente descrito en este volumen. Dichos conocimientos se basan en observaciones visuales, fotográficas y espectroscópicas, combinadas con consideraciones teóricas. Inevitablemente, aparece el tema de los viajes interplanetarios y el establecimiento de una base en Marte. El autor es un conocido observador aficionado; muchas de las doctrinas que aquí presenta son opiniones personales suyas, no universalmente aceptadas. Por ejemplo: afirma que la teoría de que los cráteres lunares son producto de meteoros es «totalmente insostenible» y que los modernos observadores de la Luna la han descartado por completo, lo cual no es cierto. La importancia de determinadas observaciones de las características lunares realizadas por observadores no profesionales queda, en cierto modo, contrarrestada por las muy considerables divergencias existentes entre los diseños de idénticas características — realizados generalmente tras observación con telescopios de resolución muy moderada — y la interpretación de tales observaciones. Además, algunos observadores de la Luna parecen hallarse bajo la impresión de que sólo una teoría debe explicar todos los tipos de formación lunar.

Este volumen es una guía muy valiosa para el observador de los planetas, quien debe, sin embargo, hacer uso de su propio juicio crítico al evaluar las pruebas aportadas para los diferentes puntos de vista. La mayor parte de las investigaciones modernas aparecen muy bien resumidas. Ilustran el libro buenas fotografías y algunos excelentes dibujos en color de L. F. Ball.

H. SPENCER JONES

The Equatorie of the Planetis, a manuscript treatise ascribed to Chaucer, preparado por D. J. Price, con un análisis lingüístico de R. M. Wilson. XVI + 214 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 52s. 6d.

Aunque el estudio de la historia de la ciencia está todavía bastante abandonado, pocas esperanzas puede sentir un historiador de descubrir un tratado científico de importancia. Tal fortuna ha correspondido, sin embargo, al Dr. Price. Examinando los manuscritos de la biblioteca de *Peterhouse,* Cambridge, observó que en un texto inglés sobre un tema astronómico aparecía repetidamente la fecha de 1392, lo que le llevó a sospechar que podía tratarse de una parte perdida del *Treatise on the Astrolabe* de Chaucer, escrito en 1391. Una investigación más cuidadosa descubrió que, en efecto, era la descripción de un «equatorium» o calculador planetario, del que sólo parece haber sobrevivido un ejemplar medieval: el del *Merton College* de Oxford.

Este descubrimiento era ya en sí importante, pero mucho más importante fué el descubrimiento de la firma «Chaucer» en una nota marginal de uno de los folios del manuscrito. Existía por tanto la posibilidad de que el tratado no sólo fuese de Chaucer sino hasta hológrafo suyo; sobre esta posibilidad discurre todo un capítulo del libro. El Dr. Price, sin pretender haber probado definitivamente su tesis, aduce suficientes pruebas para que se tenga que considerar muy probable que en *The Equatorie of the Planetis* tengamos una obra original y hológrafa de Chaucer: en ese caso el interés no sería sólo científico sino también literario.

Esta edición reproduce el texto en facsímil y va acompañada de una transliteración en inglés moderno. La sección crítica incluye una historia del equatorium y un estudio de las doctrinas astronómicas medievales. Hay también un glosario y un valioso estudio lingüístico de R. M. Wilson. Como de costumbre, la Cambridge University Press ha producido esta edición excelentemente, en un estilo que concuerda con el alto interés de la obra.

E. J. HOLMYARD

BIOLOGIA

JOHNSON, F. H., EYRING, H. y POLISSAR, M. J.: *The Kinetic Basis of Molecular Biology.* VII + 874 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 120s.

No puede hoy existir duda alguna sobre la importancia de la zona limítrofe entre la química, la física y la biología, a cuyo estudio es esta obra notable contribución. El tema central de la misma es la aplicación de los principios e ideas derivados de la teoría de la velocidad de las reacciones químicas a una serie de fenómenos biológicos.

El libro contiene inmensa cantidad de material tan interesante como valioso y habrá de ser de notable valor para todo lector que posea cierto conocimiento de los varios temas especializados de que trata, por ejemplo: luminiscencia, difusión a través de membranas, contracción muscular, impulsos nerviosos y acción de las drogas. Para algunos temas, el libro constituye una especie de obra de referencia.

Si es cierto que numerosos biólogos han elegido dicha ciencia porque les disgustaban las matemáticas, los seis primeros capítulos de esta obra habrán de hacérseles un tanto difíciles. En realidad, esa parte del libro es como un texto avanzado de termodinámica y mecánica cuántica y estadística que exige la plena atención de un especialista en química física. Más adelante, en la página 123, el libro inicia un estudio bastante complicado del tema de la luminiscencia, continuando luego con revisiones generales de otras materias, sin seguir un orden muy claro.

Si hemos de hacer un juicio crítico general, diremos quizás que el enlace entre el aspecto físico-químico y el biológico no resulta demasiado claro, a excepción acaso de los capítulos que tratan de los efectos de la temperatura, donde los numerosos efectos biológicos aparecen tratados bajo un solo encabezamiento físico-químico.

Para los lectores a quienes interesen los problemas de carácter muy general, este libro puede encerrar cierta desilusión, especialmente si el nombre de uno de los autores — cuando menos — les han llevado a esperar reflexiones audaces e independientes sobre cuestiones fundamentales. Pero no hay verdadero motivo para quejarse de que los autores hayan preferido estructurar su obra como lo han hecho, de lo que ha resultado un libro de indudable valor.

C. N. HINSHELWOOD

LEVI, Giuseppe: *Trattato di Istologia* (4ª edición), Vols. I–II. XVI + 1171 págs. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Turín. 1954. 12 000 liras.

La cuarta edición de este texto del decano de la histología italiana aparece ocho años después de la tercera. De acuerdo con la tradición de las escuelas de medicina alemanas e italianas, este tratado estudia exclusivamente las características estructurales y propiedades biológicas de células y tejidos y no de la estructura de los diversos órganos; la única excepción importante es la estructura de los vasos sanguíneos.

El esquema general es básicamente el mismo que en las anteriores ediciones. Sin embargo, se han introducido numerosos e importantes cambios y sustituído o añadido buen número de ilustraciones. La obra incluye ahora un estudio conciso de las técnicas histoquímica e histológica y de los instrumentos para la investigación de las estructuras microscópica y ultramicroscópica. Se tratan con mayor extensión la mitosis, la meiosis, los cromosomas, la ultra-estructura del citoplasma en general y de diversos tipos de células.

Aunque el autor expone su doctrina sobre los diversos temas, también se incluyen y estudian a lo largo del libro de manera objetiva los datos y opiniones que se derivan de las contribuciones aportadas por los biólogos de otros países, sin que se hallen en el libro afirmaciones dogmáticas, que a menudo parecen inevitables en tratados destinados al uso de los estudiantes. El libro del Profesor Levi es una guía valiosísima asimismo para el especialista en histología.

La lista de referencias recogidas bajo treinta encabezamientos distintos al final del Vol. II no sólo servirá como introducción a una bibliografía más detallada, siendo en sí misma rica fuente de información. También se incluyen un detallado índice de materias y uno de autores. Esta obra, de gran originalidad, de nuevo sirve de lección para el morfologista: las antiguas y al parecer impenetrables barreras que separan los vecinos dominios de la biología deben ser derrumbadas si queremos alcanzar un más profundo conocimiento de la materia viva. R. AMPRINO

MARSHALL, N. B.: *Aspects of Deep Sea Biology*. 380 págs. Hutchinson's Scientific and Technical Publications Limited, Londres. 1954. 35s.

«. . . la ciencia contemporánea puede ser muy hermosa, aunque a menudo un tanto desconcertante y, a veces, de extraordinaria fascinación». Esta cita, incluída por el autor en su prefacio, no sólo encuentra su comprobación en el contenido del libro mismo sino que sirve también para explicar el estilo — a todas luces sincero y atrayente — en que está escrita la obra. Esta tiene la forma de un digesto o compendio de artículos cortos, más o menos autosuficientes, que tratan cada uno de determinado aspecto de la biología de las grandes profundidades marinas, todo ello hábilmente organizado de modo que el tema, como conjunto, quede presentado de forma bien ordenada, equilibrada y completa. De acuerdo con tal método de presentación, las ilustraciones, obra de la esposa del autor, pueden identificarse por medio del número del capítulo a cuyo texto se refieren; y al final de cada capítulo se incluyen las referencias a las autoridades citadas. Este libro merece especial recomendación como introducción seria y estimulante en la que el estudiante de biología puede encontrar noticias de nuestros conocimientos y nociones sobre la vida en las capas profundas del océano, según la han revelado las investigaciones realizadas desde el primer viaje alrededor del mundo del *H.M.S. Challenger*, de 1872 a 1876. También puede recomendarse al lector profano e inteligente por su valor informativo y alto interés.

E. FORD

BIOQUIMICA

HAWK, Philip B., OSER, Bernard L. y SUMMERSON, William H.: *Practical Physiological Chemistry* (13ª edición). XVI + 1439 págs. J. y A. Churchill Limited, Londres. 1954. 85s.

La presente edición de esta obra justifica en todos sentidos la satisfacción del Dr. Hawk por haber alcanzado la 13ª edición en 50 años. La reputación del libro se basa no sólo en la amplitud y detalle de su tratamiento de los métodos bioquímicos sino también en la renovación que han aportado las distintas ediciones mediante la inclusión de las más recientes novedades en la bioquímica. En su conjunto, las sucesivas ediciones suministrarían interesante material para el estudio del desarrollo de la bioquímica en el último medio siglo.

En su plan esencial, la presente edición sigue el de las más recientes, excepto que ahora se atribuye mayor importancia a las cuestiones teóricas. Además de la descripción de los métodos corrientes para el estudio de los tejidos corporales, flúidos y secreciones, que tan valiosa hacen esta obra como instrumento de trabajo de profesores y clínicos bioquímicos, el libro contiene descripciones de las nuevas técnicas bioquímicas: intercambio iónico, distribución a contra-corriente, cromatografía en papel, pruebas de la función hepática, etc. El vigor con que se ha llevado a cabo esta última revisión queda probado consultando las secciones sobre la estructura helicoidal de las proteínas, las cobalaminas y el ácido tióctico, estudios sucintos que hallarán muy valiosos los bioquímicos menos ortodoxos. De semejante valor son las numerosas secciones que tratan de temas de gran importancia clínica. Por todo ello felicitamos cordialmente al Dr. Hawk y sus colaboradores en la nueva edición. J. R. P. O'BRIEN

VANNOTTI, A.: *Porphyrins, their Biological and Chemical Importance*, traducido por C. Rimington. 258 + XV págs. Hilger and Watts Limited, Londres. 1954. 50s.

El Profesor Vannotti explica en el Prefacio que el libro no es «una simple revisión» de su anterior monografía *Porphyrine und Porphyrinkrankheiten* (1937). El libro, en efecto, contiene considerable cantidad de nuevo material, lo que lo hace mucho más valioso que dicha monografía; pero gran número de los argumentos en él presentados apenas tienen en cuenta las importantes investigaciones realizadas desde 1945 sobre el metabolismo de las porfirinas, principalmente con ayuda de los indicadores isotópicos. Existen referencias a tales trabajos, pero no se hallan debidamente entrelazadas con el material restante, lo cual ha conducido inevitablemente a ciertas contradicciones. Parece que, en efecto, el Profesor Vannotti no quiere abandonar sus primitivas doctrinas. Así dice, por ejemplo (pág. 88), que «parece justificada la conclusión de que el hígado transforma regularmente protoporfirina en coproporfirina . . .» aunque en un breve sumario (pág. 31) de los estudios de los investigadores británicos y norteamericanos a base de isótopos se afirma la doctrina opuesta, que es hoy la generalmente aceptada.

Los aspectos clínicos de las diversas enfermedades porfirínicas están estudiados con satisfactoria amplitud; la obra contiene excelentes descripciones de los síntomas, apoyadas en casos clínicos. La parcialidad del autor hacia la terapia con lactoflavina es algo peligrosa, ya que su eficacia no está plenamente demostrada.

El libro está bien traducido, pero es una lástima que se haya retrasado tanto su publicación. J. J. SCOTT

CIENCIA GENERAL

THORNTON, John L. y TULLY, R. I. J.: *Scientific Books, Libraries and Collectors*. X + 288 págs. The Library Association, Londres. 1954. 24s.

Este libro es un volumen-complemento de *Medical Books, Libraries and Collectors* publicado en 1949. La parte

principal de la obra consiste en un estudio de los libros científicos más importantes hasta el final del siglo pasado, clasificados cronológicamente primero y luego por materias y autores. No se trata de una bibliografía propiamente dicha pues contiene un ameno estudio de los autores y sus obras. Está muy lejos de ser completo; por ello todo historiador de la ciencia juzgará que su especialidad está tratada inadecuadamente: por ejemplo, nosotros hallamos que el estudio de la alquimia es muy superficial, sorprendiéndonos la ausencia del magnífico *Pirotechnia* de Biringuccio y de la obra de Lazarus Ercker sobre los métodos de aquilatación.

Sin embargo, cuando los autores afirman que el historiador de la ciencia hallará en sus páginas pocos elementos originales pecan de modestia. Ese hipotético historiador, encontrará, fuera de su especialidad, que el libro es muy útil: nosotros le dedicamos lugar permanente en nuestra mesa de trabajo. En adición al estudio general de los libros científicos se incluye una reseña de las bibliografías científicas y capítulos sobre las sociedades y bibliotecas científicas, todo ello de gran valor. Hemos notado cierta inconsistencia en la transcripción de nombres, que a menudo aparecen mitad en latín y mitad en griego; así leemos Timaeus y Timaeos, pero no Timaios. Alberto Magno aparece algunas veces — quien sabe por qué en un libro inglés — como Albert der Grosse. También se han deslizado numerosas erratas, lo cual es de lamentar en una obra que ha de ser muy citada textualmente.

F. SHERWOOD TAYLOR

CRISTALOGRAFIA

BORN, Max y HUANG, Kun: *Dynamical Theory of Crystal Lattices.* VIII + 420 págs. Oxford University Press, Londres. 1954. 50s.

Hace casi cuarenta años, el Profesor Born publicó el primer estudio detallado de esta materia; en los años siguientes el mismo autor ha dado a luz diversos informes para ir poniendo al día esas doctrinas: sin embargo, el último de ellos cuenta hoy veinte años. Ahora, en colaboración con el Profesor Huang, ha preparado el presente volumen, que presenta un estudio completo y autoritativo que ha de conservar su valor durante mucho tiempo.

El estudio de la dinámica de las redes cristalinas es dificultoso a consecuencia de la masa de matemáticas que comporta. La mayoría de los cálculos son bastante simples en principio y pueden expresarse fácilmente en el caso de una red monatómica de Bravais, pero las fórmulas generales necesarias para describir los sistemas físicos reales son, por lo común, muy encumbrosas y requieren sumaciones de numerosos índices y de muchos términos diferentes. En esta obra los autores han realizado un decidido esfuerzo para conseguir la concisión de las notaciones; aun así, no son raras las expresiones de seis o siete líneas impresas, llegándose a producir en el lector la sensación de necesitar una visión más clara a través del formalismo para llegar al álgebra básica y a los principios físicos esenciales.

Por tal razón debemos alegrarnos de que este libro se componga en realidad de dos. Los tres primeros capítulos, obra del Profesor Huang, tratan de forma elemental de las fuerzas atómicas, vibraciones y la elasticidad y estabilidad reticular, haciendo hincapié en los aspectos físicos y presentando los resultados experimentales relevantes. Aunque son muchos los temas de que se trata, el argumento presenta una unidad que facilita la lectura, aun para el no especializado.

La segunda parte (que representa el núcleo original del libro preparado por el Profesor Born) aporta un pleno rigor matemático: desde un montaje mecánico-cuántico del núcleo y sus electrones pasamos, a través de la complejidad del método de las ondas largas, a las fórmulas generales de los fenómenos piezo-eléctricos, piro-eléctricos y ópticos. La detallada derivación de tales fórmulas (muchas de ellas publicadas ahora por vez primera) será valiosísima para el especialista; diez apéndices contienen elegantes notas sobre las técnicas matemáticas usadas en la teoría.

Si bien es verdad que la primera parte de la obra encontrará hoy un público más amplio de lectores que la segunda, es también indudable que ésta significa una contribución mucho más permanente.

J. M. ZIMAN

FISICA

HIRSCHFELDER, J. O., CURTISS, C. F. y BIRD, R. B.: *Molecular Theory of Gases and Liquids.* XXVI + 1219 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 160s.

Este es el estudio más completo publicado hasta la fecha sobre la interpretación molecular de las principales propiedades físicas de gases y líquidos. La experiencia adquirida por los autores en su Universidad de Wisconsin ha sido suplementada mediante la colaboración sobre temas determinados de otros expertos, incluyendo a J. de Boer (Amsterdam), sobre los efectos cuánticos, y de J. S. Rowlinson (Manchester), sobre los gases polares. El libro trata desde la teoría fundamental y su detallada comparación con los resultados experimentales hasta los ejemplos ilustrativos y problemas numéricos, de forma tan acertada que asegura que esta obra llegará a convertirse en un texto reconocido de referencia.

Aparte de algunas observaciones preliminares sobre la mecánica clásica, quántica y estadística, las dos secciones principales tratan de las propiedades de equilibrio simbolizadas por la ecuación de estado y los fenómenos de viscosidad, difusión y conductividad térmica. Al resumir los datos experimentales se hace uso consistentemente del principio generalizado de los estados correspondientes, interpretándose luego aquéllos en términos de las varias funciones empíricas de la energía potencial de un par de moléculas en interacción. Una sección final reseña nuestros conocimientos — mucho menos completos — de la teoría de las fuerzas intermoleculares. Las reacciones químicas no se estudian específicamente, aunque un capítulo sobre hidrodinámica incluye llamas, las ondas de percusión, las detonaciones y los propulsores de los cohetes.

Un valioso apéndice suministra tablas por medio de las que el experimentador o el ingeniero, partiendo de constantes fundamentales, puede calcular rápidamente numerosas y valiosas propiedades de importancia práctica.

K. W. SYKES

JOHNS, R. V. y WARE, W. F.: *Advanced Level Examples in Physics.* 346 págs. Macmillan and Company Limited, Londres. 1954. 16s.

Esta colección de unos millares de ejemplos relacionados con los estudios de física en los últimos años de la enseñanza media se diferencia de otros textos similares en que la materia se halla dividida en capítulos, precediendo en cada capítulo a los ejemplos una breve introducción teórica y varios ejemplos analizados. Aunque esas introducciones son tan breves que a veces se convierten en meras fórmulas, aumentan sin embargo grandemente el valor de la obra.

Desgraciadamente, el libro no es

todo lo bueno que hubiera podido ser. En general no alcanza el nivel propuesto, omitiendo ciertas materias como el método de las dimensiones, la polarización, las expansiones adiabáticas, la inductancia, las líneas y tubos de fuerza. No contiene tampoco indicaciones teóricas o ejemplos de la teoría ondulatoria de la luz ni de los fenómenos dieléctricos. Y estas omisiones no son las únicas.

Quizás el defecto más serio sea la total ausencia de referencias a los desarrollos modernos, tanto en las introducciones teóricas como en los ejemplos. Citemos como caso la ausencia de mención de los electrones.

L. R. B. ELTON

RADLEY, J. A. y GRANT, J.: *Fluorescence Analysis in Ultra-violet Light* (4ª edición). 560 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 52s. 6d.

La fluorescencia tiene cierta apariencia mágica, es difícil de valorar, y su uso se basa en gran medida en consideraciones empíricas. Este es un tema con dos vertientes: el estudio de la fluorescencia de sustancias químicas altamente purificadas, desde el cual sólo puede llegarse a establecer una relación con la teoría física y química; y el de los materiales en estado natural. Entre las sustancias químicas puras es poco común la fluorescencia; en la química orgánica este fenómeno se limita principalmente a moléculas con cierto tipo de estructura anular. Las sustancias como el papel, los aceites, las grasas, las drogas minerales, la piel, etc., muestran frecuentemente cierto grado de fluorescencia, casi siempre debida a pequeñas cantidades de sustancias fluorescentes en ellas presentes.

La cuarta edición de esta obra, revisada y en parte nuevamente redactada, en la que «se ha podado mucho», trata del segundo aspecto del tema y contiene gran riqueza de detalles y referencias sobre el uso de observaciones de fluorescencia en un amplio sector de la química aplicada. El desarrollo de estos estudios ha producido tal riqueza de datos que el lector primerizo con razón puede mostrarse desorientado; por ello, en este campo, la experiencia individual, junto con el más estricto escrutinio científico, representan el único método de evitar graves errores.

E. J. BOWEN

SWAINGER, K.: *Analysis of Deformation*, Vol. II. XXXVI + 365 págs. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 70s.

Los nueve primeros capítulos de este volumen tratan de ciertos aspectos teóricos y experimentales de las fuerzas y tensiones. El capítulo X (el mejor), de la deformación de la goma; el XI, de la aplicación de pares de fuerzas; y el XII, del cizallamiento de láminas planas finas. El autor afirma que el libro trata principalmente de «aspectos prácticos . . . sin excesivas referencias a las matemáticas». Pero nosotros hallamos que no es así. Por ejemplo, el autor se extiende en una declaración explícita de los componentes de tensiones en varios sistemas de coordenados, abundando las fórmulas en la mayoría de las páginas. Algunos problemas se desarrollan en detalle, como en el capítulo XI, y nos parece una lástima que no se incluya más material de este tipo a costa de las generalidades.

El libro se escribió porque «resultó imposible publicar un estudio completo en las revistas científicas», lo cual nos parece insuficiente justificación. El libro trata principalmente de temas controvertibles más bien que de los ya generalmente aceptados, dejando, en muchos puntos, que sea el lector quien forme su propia opinión. Este método no es muy común en textos de física e ingeniería, pareciéndonos que tales obras deben reservarse para la publicación de material general y razonablemente aceptado. El libro tiene lo que pudiera llamarse una «micro-estructura» que nos parece innecesaria. En 350 páginas de texto incluye una tabla de materias que ocupa no menos de 16 páginas, y el índice cuenta 11. La explicación está en la abundancia de sub-encabezamientos, de los que no hay menos de siete en la pág. 141. Seis páginas se dedican al sistema de notación principal, y el Prefacio ocupa ocho páginas. Todo esto, junto con un casi innecesario apéndice matemático hacen que el volumen nos parezca caro.

L. S. GODDARD

GEOLOGIA

LEVORSEN, A. I.: *Geology of Petroleum*. X + 703 págs. W. H. Freeman and Company, San Francisco; Bailey Bros. and Swinfen Limited, Londres. 1954. 68s.

La publicación de un libro de Levorsen sobre la geología del petróleo es un acontecimiento que esperabamos con gran interés todos los que teníamos noticia de su próxima publicación. No han quedado defraudadas nuestras esperanzas en lo que a la autoridad y amplio alcance de la obra se refiere, ya que esta obra cubre todos los aspectos de dicho tema, encerrando en sus páginas inmensa cantidad de datos admirablemente relacionados a fin de iluminar todos los aspectos de un campo que es hoy el más amplio en la geología aplicada. Además, cada capítulo incluye una rica bibliografía que sirve de guía al estudiante que desee ampliar sus lecturas.

El autor considera su materia primordialmente desde un punto de vista práctico. Para él, lo esencial de la obligación de un geólogo del petróleo estriba en la búsqueda de más petróleo; por ello, el libro comienza con la descripción de los elementos fundamentales de un depósito y de las variaciones en su estructura externa e interna debidas a las fuerzas naturales que lo han formado. Las secciones que tratan de la acumulación estructural de petróleo y de gas, y especialmente el capítulo sobre los factores estratigráficos que gobiernan la acumulación del líquido, son la parte más valiosa del volumen.

En secciones posteriores se estudia la relación entre el agua, petróleo y gas dentro del depósito de roca, seguidas de capítulos dedicados a la geología de las sub-superficies, las provincias petrolíferas y el porvenir del petróleo.

Todos los estudiantes de esta materia recibirán este libro como obra de gran valor.

V. C. ILLING

NIGGLI, Paul: *Rocks and Mineral Deposits*, traducido por R. L. Parker. XIII + 559 págs. W. H. Freeman and Company, San Francisco; Bailey Bros. and Swinfen Limited, Londres. 1954. 102s.

Obra destinada a los estudiantes e investigadores que se ocupan de las rocas y minerales, tendría muy poco valor para todo otro lector que deseara informarse sobre tal tema. Sigue un plan bastante original, pero como su autor fué uno de los grandes petrologistas de nuestro siglo no deja de tener valor una presentación de los datos de esta manera. La edición alemana se publicó en 1948, y la presente traducción al inglés — muy competente — es obra del Profesor R. L. Parker, bajo la directa supervisión del Profesor Niggli, que ha preparado un prefacio para la misma pero que falleció antes de publicarse la traducción.

Una de las primeras secciones y un capítulo posterior están dedicadas al método de Niggli para el cálculo del análisis químico de las rocas en términos de minerales patrones y su representación gráfica, significando por

tanto este libro la más conveniente explicación en lengua inglesa de un método de tanta utilidad. Siempre que le es posible, el autor enfoca cuantitativamente el tema de que está tratando. También se esfuerza por dar precisión a la descripción de la estructura de las rocas, pero sólo una parte de sus métodos y doctrinas quedarán, con toda probabilidad, asimilados a la ciencia petrológica: en efecto, el mismo autor hace escaso uso de ellos en los últimos capítulos dedicados a la clasificación de las rocas. L. R. WAGER

WINOGRADOW, A. P.: *Geochemie seltener und nur in Spuren vorhandener chemischer Elemente im Boden.* x + 250 págs. Akademie-Verlag, Berlín. 1954. DM. 23.

La obra de Winogradow, publicada en Moscú en 1950, fué el primer estudio amplio de la distribución de los elementos vestigiales en los suelos; la presente traducción alemana por Nikolai Ziabkin será bien recibida por hacer más accesibles dichas páginas. En ellas se estudian las proporciones de más de 30 elementos en unos 20 perfiles de suelos rusos, que cubren la mayor parte de los suelos del mundo, comparándose con los valores recogidos en la literatura. Por lo general sólo se consideran los contenidos totales, existiendo una tendencia a la generalización a base de insuficientes datos. Después de la detallada consideración de los elementos individuales, se resumen en un capítulo final los principios generales aplicables a los diferentes tipos de suelo. Algunas ideas de Winogradow sobre la distribución normal de los elementos vestigiales pueden originar controversias, principalmente entre los investigadores que trabajan con suelos más jóvenes y menos desarrollados que los de las llanuras rusas.

La traducción no es muy crítica, pues numerosos y obvios errores numéricos del original se repiten sin corrección. La mayor parte se deben al desafortunado uso de porcentajes en lugar de millonésimas para indicar el contenido de los suelos: así, 15 p.p.m. se expresa como $1{,}5 \cdot 10^{-3}$%, produciéndose a veces errores en el exponente. Nosotros hemos notado muchos, lo que nos hace dudar de la autenticidad de otros valores que no se pueden comprobar tan fácilmente. También abundan las faltas de ortografía en los nombres de los autores. Con todo, el libro es una valiosa adición a la literatura sobre los suelos. R. L. MITCHELL

INGENIERIA

Dizionario d'Ingegneria, Vol. IV, dirigido por E. Perucca. MQT–RUL. XIII + 1040 págs. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Turín. 1954. 12 000 liras.

Al ir aproximándose el término de tan importante empresa editorial, se hace cada vez más evidente el cuidado y esmero con que el director ha preparado y recogido todos los términos referentes no sólo a la ingeniería sino a todas las materias con ella relacionadas.

Los tres primeros volúmenes ya fueron revistados en *Endeavour* con abundantes elogios y sólo críticas menores, lo qué también se aplica al presente volumen.

Según se va completando la obra, el sistema adoptado para los sub-encabezamientos y referencias cruzadas nos parece más y más un gran éxito, recordándonos las innumerables conexiones y ramificaciones de las células nerviosas en el cerebro, cuya finalidad es transmitir información rápida y eficazmente.

Ciertas entradas están tratadas con la óptima amplitud: por ejemplo, las 76 páginas dedicadas a los diversos tipos de motores no podrían ser mejoradas. En otros casos, sin embargo, desearíamos más datos: por ejemplo, muy poco se dice acerca de los recientes desarrollos de la industria de los plásticos. Pero estas desigualdades son, naturalmente, inevitables en una obra que es el resultado de la colaboración de 125 especialistas.

Algunos lectores, especialmente fuera de Italia, lamentarán que sólo en ciertos casos se dan los equivalentes en alemán, francés e inglés de los términos incluídos. En efecto, con un más completo número de dichas equivalencias el *Dizionario* sería un diccionario técnico en cuatro lenguas.

Es ésta, en resumen, una obra magnífica que pocas veces dejará de suministrar al que la utilice los datos buscados. L. PINCHERLE

METALURGIA

HAMPEL, Clifford A. (Compilador): *Rare Metals Handbook.* XIII + 657 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 96s.

En este libro colaboran 34 escritores y contiene capítulos que tratan de 28 de los metales menos comunes; los platinos y las tierras raras están estudiados en capítulos aparte. La obra tiene los defectos naturales de tal tipo de colaboración, existiendo apenas un plan general, a excepción de que los métodos industriales de extracción y purificación aparecen descritos plenamente y de que se incluye una lista de las propiedades físicas de cada metal. Así, el capítulo sobre el vanadio contiene tablas detalladas de las propiedades de más de 40 minerales de vanadio, aunque las fuentes de origen de ciertos metales sólo aparecen brevemente sumarizadas. Los capítulos varían mucho en calidad, pero merecen tres observaciones generales. Primero, el principal valor de la obra consiste en la descripción de los métodos industriales para la extracción y purificación de los metales, dado que este tipo de información no es de fácil acceso. Segundo, los lectores interesados en la química de los metales menos comunes deberán acudir más bien a un texto corriente de química inorgánica en el que los datos formarán parte del estudio general. Tercero, las secciones que tratan de las cuestiones que a nosotros nos interesan — propiedades y estructura de metales y aleaciones — son a veces defectuosas, inexactas y anticuadas. Así, las espaciaciones reticulares se consignan en unidades Ångström cuando los valores están en realidad en unidades kX, mientras que otros valores no tienen indicadas las unidades. Sólo para algunos metales se dan los diagramas de equilibrio de las aleaciones, que muy a menudo están anticuados. Aunque esta obra contiene gran cantidad de información, necesita una completa revisión antes de que pueda ser recomendada como fuente autorizada de datos numéricos. W. HUME-ROTHERY

QUIMICA

ADAMS, Roger (Compilador): *Organic Reactions*, Vol. VIII. V + 437 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 96s.

El proyecto, debido al Prof. Roger Adams, de compilar los estudios críticos de autoridades reconocidas sobre las reacciones orgánicas más importantes, produjo su primer fruto en 1942. La utilidad de estos volúmenes es triple. Primero, contienen un estudio crítico y completo de la amplitud y modo de acción de las reacciones descritas. Segundo, contienen una lista de los compuestos preparados por medio de dichas reacciones, junto con las referencias necesarias. Tercero — y especialmente en los últimos volúmenes

— contienen estudios muy sugerentes de los mecanismos de reacción. Y a lo largo de la obra se mantiene un estilo ameno e interesante.

El presente volumen mantiene el carácter de los anteriores y obtendrá idéntico éxito. Contiene secciones sobre la hidrogenización catalítica de ésteres en alcoholes; la síntesis de las cetonas partiendo de haluros ácidos y compuestos organo-metálicos de magnesio, zinc y cadmio; la acilación de cetonas para formar β-dicetonas o β-cetoaldehidos; la reacción de Sommelet; la síntesis de aldehidos partiendo de ácidos carboxílicos; la reacción de metalación con compuestos organolíticos; las β-lactonas; las reacciones del diazometano y sus derivados con aldehidos y cetonas. El admirable artículo sobre la acilación de las cetonas trata de reacciones y compuestos de muy grande importancia en la actualidad y será por tanto muy apreciado. También son muy valiosos los estudios críticos sobre los mecanismos de reacción, especialmente sobre la disyunción ácido-catalítica de los compuestos de Reissert y la reacción de Sommelet. D. LL. HAMMICK

EPHRAIM, Fritz: *Inorganic Chemistry* (6ª edición), preparada por P. C. L. Thorne y E. R. Roberts. XII + 956 págs. Oliver and Boyd Limited, Edimburgo. 1954. 35s.

A diferencia de otros libros de texto, éste de Ephraim mejora con los años. En realidad no existe gran diferencia entre esta edición y la anterior, de 1948. El carácter general de la obra continúa el mismo, y los prefacios a ambas ediciones son casi idénticos. Unas secciones nuevas, importantes por sus relaciones con la química pero insertadas en el anterior esquema de la obra, sirven para introducir en el texto los modernos desarrollos, sin ocultar por eso los principios establecidos bajo una masa de detalles cuya única razón de ser es la novedad. Entre estos datos se encuentran naturalmente la serie transuránica de los elementos, un breve estudio de los compuestos clatráticos y las nuevas investigaciones sobre los hidruros metálicos. Sin embargo, el conjunto del antiguo texto se conserva sin que hayan sido necesarias más que ciertas modificaciones menores, a pesar de la enorme cantidad de nuevos datos obtenidos en las investigaciones recientes, lo que demuestra que la selección original del material básico para las anteriores ediciones era acertada y que la estructuración del mismo se presta a su puesta al día.

Las revisiones principales ocurren en el campo de la radiactividad y de la teoría de la valencia: en este último, la introducción de tres páginas sobre la «teoría cuanticular» es quizás el rasgo más original de la edición. En las anteriores no era siempre fácil encontrar lo que se buscaba, pero la necesaria poda y revisión para la preparación de nuevas ediciones de un tamaño no mucho mayor ha resultado en una mayor claridad, presente también en esta edición. Ya buenos en la quinta, la impresión y presentación del texto han mejorado aún más en esta edición, resultando de ello de fácil manejo y lectura, y cuyo precio, ligeramente aumentado, continúa siendo muy moderado. F. M. BREWER

HOLMYARD, E. J.: *Outlines of Organic Chemistry* (3ª edición). 492 págs. Edward Arnold (Publishers) Limited, Londres. 1954. 16s.

En este libro se insiste continuamente en la importancia de las contribuciones de los investigadores individuales al desarrollo de la química. El estudio de la influencia de la personalidad de un investigador sobre su obra es tema de gran interés y uno de los mejores métodos de introducción a la historia de cualquier ciencia.

El problema de la cantidad de temas «especiales» que deben incluirse en un libro de este tipo ha quedado, en general, resuelto satisfactoriamente según indica el tratamiento de las propiedades físicas, estereo-isomerismo, tautomerismo, valencia, radicales libres y catálisis. La omisión de las innecesarias preguntas al final de cada capítulo hubiera suministrado el espacio necesario para un tratamiento más amplio de la sustitución aromática. Además, las investigaciones en esta dirección han progresado ya suficientemente para no definirlas como «un intento de explicar la dirección de la sustitución».

La referencia a los iones nitronio y nitracidio es muy oportuna. La importancia atribuída a la ocurrencia natural de compuestos orgánicos simples servirá de estímulo para todos aquellos a quienes atrae la incidencia de la química sobre otros estudios.

F. CHALLENGER

JOHNSON, W. S. (Compilador): *Organic Syntheses*, Vol. XXXIV. VI + 121 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 28s.

La mayoría de los químicos orgánicos conocen ya esta serie y recibirán con agrado el último volumen publicado, el cual contiene las preparaciones de 36 compuestos, varios de los cuales se preparan en dos o tres fases, de modo que el número real de preparaciones descritas asciende casi a 50. Como en los volúmenes anteriores, éste contiene todos los detalles de manipulación, técnicas, origen de los reactivos y precauciones necesarias, de modo que el lector no debe encontrar dificultades para repetir los experimentos. Además, como apéndice a la preparación del 1:4-dinitro-butano se incluyen unas notas sobre la de los α-ω-dinitroderivados del propano, pentano y hexano.

Algunos compuestos descritos, como la *ciclo*heptanona y el malonato di-*tert*-butílico tienen evidente importancia como intermediarios; otros, como el 3-metiltiofén y el azelanitrilo aparecen incluídos sólo porque ilustran reacciones y procedimientos generales. Este volumen contiene un índice cumulativo que cubre los volúmenes XXX–XXXIV.

En éste se mantiene el elevado nivel de los volúmenes anteriores, significando por tanto una valiosa adición a esta serie. J. F. W. MCOMIE

MÜLLER, Eugen (Compilador): *Methoden der Organischen Chemie* (*Houben-Weyl*) (4ª edición revisada). Vol. II: *Analytische Methoden*. XXIV + 1070 págs. 1953. DM. 139. Vol. VII, Parte 1: *Sauerstoffverbindungen* II, *Aldehyde*. XXIII + 556 págs. 1954. DM. 82. Vol. VIII: *Sauerstoffverbindungen* III. XVIII + 776 págs. 1952. DM. 98. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Al publicarse la tercera edición de este compendio se consideraba que, en la biblioteca del químico orgánico práctico, sólo la obra de Beilstein lo superaba; después de esta cuarta edición, completamente revisada por un grupo de especialistas bajo la dirección de E. Müller y con la ayuda de O. Bayer, H. Meerwein y K. Ziegler, puede asegurarse que esa valoración ha de ser todavía superior.

La principal parte de la obra estará dedicada a los métodos de preparación que se clasificarán como métodos generales y comprenderán diversos grupos, así como los métodos aplicables a grupos seleccionados de compuestos orgánicos. Ahora han aparecido dos volúmenes que sirven de ejemplo del último método de enfoque, el Vol. VII,

Parte I y el Vol. VIII. El autor del primero es Otto Bayer, que estudia los aldehidos de manera muy completa, digna de todo elogio. La característica especial de la obra es la profusión de ejemplos de preparaciones y la cantidad de referencias a la literatura original, incluyendo la relativa a las patentes. Difícilmente puede imaginarse una obra que sirva de mayor estímulo a la investigación que esta compilación. Todo químico orgánico ha estado, está y estará interesado en los aldehidos, y el Dr. Bayer ofrece exactamente la información necesaria: ésta es una de las monografías más interesantes que hemos tenido el privilegio de leer.

A nosotros nos ha interesado especialmente el artículo de R. Criegee, en el Vol. II, sobre los peróxidos orgánicos. Aunque este tema, y probablemente todas las demás secciones, no puede considerarse exhaustivamente tratado, hemos hallado en esas páginas muchos elementos originales y altamente sugerentes de ideas nuevas en una materia de creciente importancia industrial. Esta nueva edición del Houben-Weyl aporta su característica contribución a nuestros conocimientos, sin cortarle el terreno a otras valiosas obras de referencia como *Organic Syntheses*, *Inorganic Syntheses* y *Organic Reactions*.

El Vol. II trata de los métodos analíticos tanto cualitativos como cuantitativos. Tiene más de mil páginas y ha sido compilado por unos 25 colaboradores, siendo al parecer un estudio bastante completo de las partes de la materia tratada. Considerado como obra de referencia, es evidentemente una mina de información. El químico orgánico hallará las páginas más interesantes en la segunda sección de la Parte I, que trata de la determinación de los grupos funcionales más comunes.

Esta empresa merece el aliento más cordial, pareciéndonos obligatoria para toda biblioteca científica de los centros de investigación, ya sean universitarios, industriales o gubernamentales, la adquisición de los volúmenes según vayan apareciendo.

ROBERT ROBINSON

ZOOLOGIA

MARSHALL, A. J.: *Bower-Birds*. 208 págs. Clarendon Press, Oxford. 1954. 30s.

Esta es una obra cuya necesidad se hacía sentir, ya que aunque los tilonorincos son aves citadas muy frecuentemente al estudiarse la evolución y el comportamiento animal, los fenómenos e interpretaciones de los mismos que se aducen incluyen a menudo numerosos errores. Después de una introducción y de dos breves pero difíciles capítulos sobre la fisiología sexual de las aves, siguen otros 18 capítulos que contienen un estudio factual y conciso de una especie de tilonorincos, con especial referencia a sus exhibiciones, construcción de nidos, cría y desarrollo de los órganos sexuales. El libro contiene numerosas observaciones directas y un buen sumario de las observaciones de otros. Un capítulo final estudia la evolución de la construcción de nidos.

Esta obra presenta adecuadamente los fenómenos reales y ha de ser por tanto de valor para los zoólogos y, es de esperar, para los aficionados a la ornitología, aunque desgraciadamente su autor no se ha esforzado por simplificar el lenguaje o la exposición e introduce muchos tecnicismos fisiológicos sin darles definición. Pero el contenido es fascinante: los nidos presentan diversos diseños, lo que facilita la clasificación de las especies; los objetos que las aves traen a sus nidos pueden ser de determinados colores que hacen juego con los del plumaje de la hembra; algunas especies «tiñen» los nidos, lo que representa uno de los escasos ejemplos del uso de instrumentos en las aves; otras especies hacen imitaciones vocales. El grupo todo ofrece maravillosas oportunidades para posteriores investigaciones.

D. LACK

WIGGLESWORTH, V. B.: *The Physiology of Insect Metamorphosis*. 152 págs. Cambridge University Press, Londres. 1954. 12s. 6d.

Los fisiólogo-entomólogos recibirán con satisfacción este incisivo estudio sobre el progreso realizado en nuestros conocimientos sobre la metamórfosis de los insectos. El rápido crecimiento del interés en estos estudios queda patente en el hecho de que de las 400 publicaciones aquí recogidas, más de la cuarta parte han aparecido durante los últimos cinco años. Esta monografía viene a ser, tanto para el especialista como para el lector general, una oportuna evaluación de la posición actual.

Con gran acierto, el Profesor Wigglesworth ha elegido como tema central de su obra sus propios estudios, ya famosos, sobre el control hormonal de la metamórfosis en *Rhodnius*, con lo que el libro ha ganado en autoridad y claridad. Al considerar la metamórfosis no como una extensión del desarrollo embriológico sino como una expresión de polimorfismo, el autor otorga por un lado nuevo apoyo a una teoría debida a Swammerdam y, por otro, estímulo para posteriores investigaciones.

El alto nivel alcanzado por el autor en el primer volumen de esta serie de monografías sobre biología experimental causará el que el lector espere con interés las siguientes contribuciones a dicha serie.

R. DENNELL

Libros recibidos

(*Nota*. La mención de un libro en esta sección no excluye su futura revista.)

ASTRONOMIA

HECHT, F. (Redactor): *Astronautica Acta*, Vol. I. 60 págs. Springer-Verlag, Viena. 1955. Suscripción anual, DM. 36.

BIOQUIMICA

Biochemistry of Nitrogen (en homenaje a Artturi I. Virtanen). 535 págs. Suomalainen Tiedeakatemia, Helsinki. 1955. En rústica, $10; En pasta, $12.

BRACKEN, A.: *The Chemistry of Microorganisms*. VII + 343 págs. Sir Isaac Pitman and Sons Limited, Londres. 1955. 30s.

HILL, R. y WHITTINGHAM, C. P.: *Photosynthesis*. VII + 165 págs. Methuen and Company Limited, Londres. 1955. 8s. 6d.

BOTANICA

WARDLAW, C. W.: *Embryogenesis in Plants*. IX + 381 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Methuen and Company Limited, Londres. 1955. 42s.

WATSON, E. V.: *British Mosses and Liverworts*. XVI + 419 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 45s.

CIENCIA GENERAL

ANTHONY, H. D.: *Science and its Background* (2ª edición). IX + 337 págs. Macmillan and Company Limited, Londres. 1954. 20s.

BAKER, B. W. (Redactor): *The Scientific Journal of the Royal College of Science.* Vol. XXIV. VI + 122 págs. Royal College of Science, Londres. 1954. 10s. 6d.

BROWN, R. W.: *Composition of Scientific Words.* 882 págs. Editado por el autor en el U.S. National Museum, Wáshington. 1954. $8.

CROMBIE, A. C.: *Oxford's Contribution to the Origins of Modern Science* (Disertación presentada a la British Association for the Advancement of Science en Oxford el 6 de Septiembre de 1954). 27 págs. Basil Blackwell, Oxford. 1954. 2s. 6d.

WIENER, Norbert: *The Human Use of Human Beings* (edición revisada). 199 págs. Eyre and Spottiswoode (Publishers) Limited, Londres. 1954. 18s.

CIENCIAS BIOLOGICAS

The Mammalian Fetus: Physiological Aspects of Development (Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, Vol. XIX). XII + 225 págs. The Biological Laboratory, Cold Spring Harbor, Nueva York. 1954. $8.

FILOSOFIA

RIDDLE, O.: *The Unleashing of Evolutionary Thought.* XXI + 414 págs. Vantage Press Inc., Nueva York. 1954. $4,50.

FISICA

COLEMAN, J. A.: *Relativity for the Layman.* 131 págs. The William-Frederick Press, Nueva York. 1954. $2,75.

Luminescence, with particular reference to inorganic phosphors. (Suplemento No. 4 al *British Journal of Applied Physics.*) IV + 120 págs. The Institute of Physics, Londres. 1955. 25s.

PEISER, H. S., ROOKSBY, H. P. y WILSON, A. J. C. (Compiladores): *X-Ray Diffraction by Polycrystalline Materials.* 725 págs. The Institute of Physics, Londres. 1955. 63s.

ROLLER, Duane y ROLLER, Duane H. D.: *The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb.* IV + 97 págs. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 1954. $1,60.

THOMSON, Sir George: *The Atom* (4ª edición). VIII + 204 págs. Oxford University Press, Londres. 1955. 6s.

GEOFISICA

Annual Report of the National Oceanographic Council 1953–54. 28 págs. Cambridge University Press, Londres. 1955. 5s.

INGENIERIA

BAŽANT R.: *Slovník Stavebné Mechaniky a Příbuzných Oborů v Pěti Řečích* (Diccionario de mecánica structural con índices en cinco idiomas). 251 págs. Nakladatelství Československé Akademie Věd, Praga. 1953. En rústica, 15 kčs; en pasta, 20 kčs.

GREATHOUSE G. A. y WESSEL C. J. (Compiladores): *Deterioration of Materials.* XVII + 835 págs. Reinhold Publishing Corporation Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 96s.

MURRAY, R. L.: *Introduction to Nuclear Engineering.* XIV + 418 págs. George Allen and Unwin Limited, Londres. 1955. 30s.

MEDICINA

BISCEGLIE, V.: *Patologia Generale.* XIX + 1140 págs. Casa Editrice Dott. Francesco Vallardi, Milán. 1954. 10 000 liras.

DACIE, J. V. (Redactor): *British Medical Bulletin.* Vol. XI. No. 1 (*Blood Coagulation and Thrombosis*). 82 + XVI págs. The British Council, Londres. 1955. 15s.

FISHBURN, A. G. y ABBOTT, C. F.: *Development of Veterinary Pharmaceutics.* 23 págs. The Pharmaceutical Press, Londres. 1954. 2s. 6d.

The Harvey Lectures (pronunciadas bajo los auspicios de la Harvey Society of New York 1953–54). Serie XLIX. VIII + 299 págs. Academic Press Inc., Nueva York. 1955. $7,50.

WIENER, A. S.: *Modern Medical Monographs 9: An Rh-Hr Syllabus: the Types and their Applications.* XII + 82 págs. Grune and Stratton Inc., Nueva York. 1954. $3,75.

QUIMICA

BLOCK, R. J., DURRUM, E. L. y ZWEIG, G.: *A Manual of Paper Chromatography and Paper Electrophoresis.* 484 págs. Academic Press Inc., Nueva York. 1955. $8.

BROOKS, B. T., BOORD, C. E., KURTZ, S. S. y SCHMERLING, L. (Compiladores): *The Chemistry of Petroleum Hydrocarbons.* Vol. I. VIII + 664 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 144s.

CRAGG, L. H. y GRAHAM, R. P.: *An Introduction to the Principles of Chemistry.* IX + 740 págs. Clarke, Irwin and Company Limited, Toronto. 1954. $7,50.

EMMETT, P. H. (Compilador): *Catalysis.* Vol. II. *Fundamental Principles* (Parte II). VI + 473 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1955. 96s.

HOUGEN, O. A., WATSON, K. M. y RAGATZ, R. A.: *Chemical Process Principles.* Parte I. *Material and Energy Balances* (2ª edición). XXXV + 504 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 68s.

KATZ, J. J., LONGUET-HIGGINS, H. C. y MCKAY, H. A. C. (Redactores): *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry.* Vol. I. Nos. 1–2. 164 págs. Pergamon Press Limited, Londres. 1955. Suscripción A (ordinaria) £4 10s. el volumen; suscripción B (al uso personal del suscriptor) £3 10s. el volumen.

RIDDLE, E. H.: *Monomeric Acrylic Esters.* VII + 221 págs. Reinhold Publishing Corporation, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 40s.

SPEAKMAN, J. C.: *An Introduction to the Electronic Theory of Valency* (3ª edición). VII + 180 págs. Edward Arnold (Publishers) Limited, Londres. 1955. 10s. 6d.

WHITBY, G. S. (Compilador): *Synthetic Rubber.* XII + 1044 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 144s.

TECNOLOGIA

DOOLITTLE, A. K.: *The Technology of Solvents and Plasticizers.* XV + 1056 págs. John Wiley and Sons Inc., Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 148s.

Hot Dip Galvanising, 1954. (Tercera conferencia internacional, Oxford, 4–9 de julio de 1954.) IX + 268 págs. Zinc Development Association, Oxford. 1954. 42s.

ZOOLOGIA

STILES, K. A.: *Laboratory Explorations in General Zoology* (3ª edición). XI + 283 págs. The Macmillan Company, Nueva York. 1955. $3,75.

Notas sobre los colaboradores

E. J. HOLMYARD

Nació en Somerset en 1891 y estudió en el *Sydney Sussex College*, Cambridge. Dirigió el Departamento de Ciencias del *Clifton College* desde 1919 a 1940 y fué Director de *Endeavour* desde 1942 a 1954. Es Presidente de la *Society for the Study of Alchemy and Early Chemistry* y del Consejo del *World List of Scientific Periodicals*. Autor de diversos textos de química, se le deben numerosas contribuciones al estudio de la alquimia islámica, incluyendo ediciones de algunas obras de Jábir ibn Hayyán, Avicena y Al-Iraqí. Codirector, con el Dr. Charles Singer de *A History of Technology*, cuyo primer volumen salió a luz en 1954.

C. RIMINGTON

Nació en 1902 y estudió en el *Emmanuel College* de Cambridge. Estableció una sección de bioquímica en la *Woollen Industries Research Association* de Leeds y a continuación le fué otorgada una beca especial para la investigación de las plantas venenosas en Sudáfrica. Allí estudió la función de las porfirinas en una enfermedad de fotosensibilidad que sufre el ganado lanar, y, con P. J. Fourie, descubrió en 1936 los primeros casos conocidos en los animales de porfirias congénitas. Desde 1945 ocupa la cátedra de Patología química del *University College Hospital*, Londres, y es Director del Grupo «Nuffield» para la investigación del metabolismo de los pigmentos pirrólicos.

C. M. YONGE

Catedrático «Regius» de Zoología de la Universidad de Glasgow y previamente profesor de la Universidad de Bristol (1933–44). Nació en 1899 y se graduó en la Universidad de Edimburgo. Formó parte del personal de la *Marine Biological Association* en Plymouth entre 1924 y 1927 y de nuevo de 1930 a 1932, dirigiendo la expedición a la Gran Barrera Australiana en 1928–9. Ha trabajado en numerosos laboratorios de biología marítima en las costas atlántica y mediterránea europeas, en ambas costas norteamericanas, en las Bermudas, el Golfo de México y Honolulú. Ha sido profesor visitante en la Universidad de California, Berkeley, en 1949. Es Presidente de la *Scottish Marine Biological Association*, miembro del comité consultivo sobre las investigaciones pesqueras de la Comisión de Fomento, del Comité Ejecutivo del *National Institute of Oceanography* y del Comité Consultivo de Pesquerías adjunto al Ministerio de Colonias de Gran Bretaña.

WILLIAM WARDLAW

Nació en 1892 y estudió en la Universidad de Durham. En 1937 fué nombrado Catedrático de Química Física de la Universidad de Londres (*Birkbeck College*). Ha sido Presidente de la Sección de Química de la *British Association* en 1952, y en la actualidad es Presidente de la *Chemical Society*. Ha publicado numerosos trabajos sobre los compuestos de coordinación y temas afines.

D. C. BRADLEY

Nació en 1924 y estudió en la Universidad de Londres. Durante algún tiempo colaboró con la *British Electrical and Allied Industries Research Association*, pasando luego a formar parte del profesorado del *Birkbeck College*. Ha publicado diversos trabajos sobre los alcóxidos de los elementos.

F. S. WALLIS

Nació en 1894 y estudió en la Universidad de Bristol. Ha pertenecido al Museo y Galería de Arte de Bristol desde 1920, fecha en que fué nombrado Curador de Geología. En la actualidad es Director del Museo Municipal, hoy separado de la Galería de Arte. Sus publicaciones geológicas incluyen trabajos sobre las antiguas areniscas rojas del distrito de Bristol, el examen petrológico de hachas neolíticas y de la Edad de Bronce y los insectos fósiles. Le interesan particularmente los museos etnofolklóricos.

S. K. RUNCORN

Nació en 1922 y estudió en el *Gonville and Caius College* de Cambridge. Desde 1943 a 1946 trabajó en el Establecimiento de Investigaciones y Desarrollo del Radar del Ministerio de Suministros. Pasó luego a formar parte del personal del Profesor Blackett en la Universidad de Mánchester, donde fué profesor de Física, iniciándose entonces su interés por los problemas del campo magnético terrestre, especialidad en la que ha venido trabajando desde entonces. En 1949 fué nombrado Subdirector de Investigaciones del Departamento de Geodesia y Geofísica de la Universidad de Cambridge.